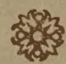
220
1725 лет 1945

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ АКАДЕМИИ НАУК

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР
1945



ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ АКАДЕМИИ НАУК

☆

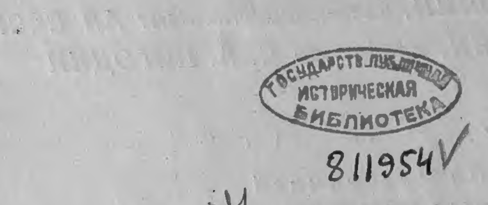
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Академик В. Г. ХЛОПИН, член-корреспондент АН СССР
А. А. БАЛАНДИН, профессор С. А. ПОГОДИН

Под редакцией
заместителя академика-секретаря
Отделения химических наук АН СССР
С. И. ВОЛЬФКОВИЧА

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1945 ЛЕНИНГРАД

Печатается по постановлению
Президиума Всесоюзного комитета
по проведению 220-летия Академии Наук СССР



ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий краткий очерк развития химии в Академии Наук написан в связи с исполняющимся в 1945 г. 220-летием Академии. Он предназначен для широких кругов интеллигенции, особенно для научных работников, педагогов и учащихся высших школ, проявляющих за последние годы все возрастающий интерес к истории науки и, в частности, к истории химии. Подобные же очерки издаются и по другим разделам науки, представленным в Академии Наук СССР; одновременно издается книга директора Архива АН СССР Г. А. Князева «Краткий очерк истории Академии Наук» под редакцией академика С. И. Вавилова и академика В. П. Волгина. Таким образом, читатели будут иметь возможность широко ознакомиться с развитием научной работы в разнообразных областях деятельности Академии.

Для интересующихся историей химии в России и СССР в более широком и глубоком разрезах Отделение химических наук Академии Наук СССР в лице Комиссии по истории химии подготовляет несколько других, более подробных исторических очерков. Развитие химии в СССР за период после Великой Октябрьской революции отражено в сборнике «Советская химия за 25 лет», составленном Отделением химических наук Академии Наук СССР к 25-летию Октябрьской Социалистической революции (издание Академии Наук СССР, 1944). Ряд литературных источников, посвященных истории химии в России и СССР, приведен в библиографическом указателе к настоящей книге и упоминается в книге «Советская химия за 25 лет».

Редакция

АКАДЕМИЯ НАУК И ПУТИ РАЗВИТИЯ ХИМИИ В ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ РОССИИ

С. А. ПОГОДИН

До преобразований Петра Первого феодальная Московская Русь была мало связана с умственной и промышленно-экономической жизнью Западной Европы. Этим в значительной мере объясняется своеобразный ход развития у нас естественных наук и, в частности, химии. В Московском государстве никогда не существовало ни алхимии, столь характерной для западноевропейского средневековья, ни пришедшей ей на смену иатрохимии. Церковь строго возбраняла занятия «тайными» науками — астрологией и алхимией, а близкие к химии того времени медицина и фармация находились в руках иноземных лекарей и аптекарей, ревниво охранявших от «московских варваров» свои профессиональные знания. Потребности немногочисленных полукустарных производств, связанных с химией (выплавка чугуна, отливка пушек и колоколов, стеклоделие, солеварение, получение селитры, изготовление пороха, выделка кожи, окраска тканей, винокурение), обслуживались частью приезжими мастерами — иностранцами, частью талантливыми русскими самоучками, вышедшими из народа. Химические сведения, которыми располагали эти химики и металлурги допетровской Руси, не возвышались, однако, над уровнем производственной рецептуры и практических навыков.

Петр Первый, учредив в 1725 г. Академию Наук в Петербурге,

положил начало развитию в России всех областей естествознания, в том числе и химии. До конца XVIII века химические исследования и подготовка химиков были полностью сосредоточены в Академии Наук. «Академический» период русской химии продолжался до первых десятилетий XIX века, когда с созданием сети университетов и высших технических учебных заведений возникли новые очаги творческой химической мысли. В этот период, который согласно установившемуся обычаю можно назвать «университетским» (если подразумевать под университетами все высшие школы как общие, так и специальные), первенствующее значение в развитии русской химии приобретают университеты — сперва Казанский (с 40-х гг.), затем Петербургский (с 60-х гг.), Московский (с 80-х гг.), Петербургские Горный и Политехнический институты (с 900-х гг.), а также другие высшие учебные заведения. Центром химической мысли страны становится Русское химическое общество при С.-Петербургском университете, основанное в 1868 г.

После Великой Октябрьской Социалистической революции развитие химии в нашей стране вступает в новый, современный нам, советский период. Он характеризуется небывалым расцветом всех областей химии как в Академиях Наук СССР и союзных республик, так и в высших школах и научно-исследовательских химических институтах. Развитие и состояние химии в Академии Наук СССР за советский период освещены во второй части настоящего очерка.

ХИМИЯ В АКАДЕМИИ НАУК ДО ЛОМОНОСОВА

Россия начала XVIII века, как известно, еще не имела своих ученых, и поэтому первые члены нашей Академии были приглашены из-за границы. По мысли Петра им надлежало заботиться не только о «размножении наук», но и об обучении «высоким наукам» молодых людей. С этой целью при Академии были учреждены университет и гимназия. Каждый академик (он же профессор академического университета) должен был подготовить «по два человека, которые из славянского народа, дабы могли удобнее русских учить». Таким образом, на Академию, помимо исследовательской работы, возлагалась и подготовка научной смены из русской молодежи.

Однако ни тогда, ни в позднейшее время этот завет основателя Академии не был осуществлен в должной мере. Среди акаде-

миков, приглашенных первым президентом Академии лейб-медиком Л. Л. Блюментростом (1692—1755), преобладали немцы. Они (за очень немногими исключениями) стремились сохранить свое господство в Академии и не допускать в нее русских.

Особенно вредно отразилось влияние немцев на начальных судьбах химии в Академии Наук. Уже в 1745 г. ставленник Блюментроста, Шумахер, правитель академической канцелярии и самовластный вершитель всех дел Академии, был вынужден признать, «что при Академии никакая другая наука так худого успеха не имела, как сия» (т. е. химия). И действительно, за 20 лет в Академии для развития химии ничего не было сделано. Кафедра химии замещалась людьми далекими от этой науки. Первым академиком по химии был курляндский немец Михель Бюргер, врач, учившийся вместе с Блюментростом в Лейденском университете. Весьма характерно, что Бюргер, никогда не занимавшийся химией, сперва отказался от заведывания еще даже не существовавшей лабораторией, ссылаясь на «слабое телосложение». Только после успокоительного заверения президента: «Если вас несколько затруднит химия, то можно ее откинуть, так как вы будете особенно прилежать к практической медицине», Бюргер решил прибыть в Петербург (март 1726 г.). В июле 1726 г. Бюргер умер. После Бюргера кафедра химии пустовала до 1731 г., когда на нее был назначен врач Иоганн Георг Гмелин старший (1709—1755). Будучи по специальности ботаником, Гмелин в 1733 г. отправился в путешествие по Сибири, откуда вернулся через 10 лет. Во время отсутствия Гмелина химию в Академии представлял Христлиб Эреготт Геллерт (1713—1795), назначенный адъюнктом в 1736 г. Он уехал на родину в 1744 г., не проявив себя ничем. В 1745 г. Гмелин, занятый обработкой экспедиционных материалов, отказался от кафедры химии и в 1747 г. навсегда оставил Россию.

М. В. ЛОМОНОСОВ

25 июля 1745 г. академиком по химии был избран молодой русский ученый, Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765). В его лице химия получила, наконец, первого достойного представителя в Академии [22, 23].

Уроженец русского Севера, сын рыбака-помора, Ломоносов, благодаря своей гениальной одаренности и несокрушимой энергии, преодолел все препятствия, которые ставило перед ним его «низ-

кое» происхождение и отсутствие систематического начального образования. За десять лет обучения сперва в России, а затем за границей (в Марбурге у знаменитого философа и физика Х. Вольфа и во Фрейберге — у известного химика и металлурга И. Генкеля), Ломоносов превратился из малограмотного крестьянина в передового ученого, не только в совершенстве овладевшего наукой того времени, но способного двигать ее вперед по новым путям. Физик и химик, геолог и металлург, астроном и географ, историк и экономист, художник, филолог и поэт, Ломоносов принадлежит к числу очень немногих ученых-энциклопедистов, таких как Леонардо да Винчи или Лейбниц. Горячий патриот, Ломоносов отдал свой гений ученого и талант поэта на службу родной стране. Он неутомимо боролся за распространение просвещения в народе, за честь и достоинство русской науки. В звучных стихах он воспевал подвиги русского воинства и призывал русский народ к завоеванию вершин знания. Давно признанный отцом новой русской литературы, он с не меньшим правом должен считаться и отцом русской химии.

В 1741 г. Ломоносов вернулся в Петербург из Германии, куда он был командирован Академией для изучения химии и металлургии. Назначенный в 1742 г. адъюнктом «физического класса» (в который входили физика и химия), Ломоносов начал усиленно хлопотать об устройстве при Академии химической лаборатории. Постоянно получая отказ от Шумахера «за неимением денег» и «неподтверждением штата», он почти ежегодно возобновлял свои ходатайства и, наконец, добился обращения Конференции Академии в Сенат, который (в 1746 г.) вынес решение о постройке лаборатории и отпустил на это средства. Однако из-за канцелярской волокиты, созданной Шумахером, сооружение лаборатории началось только через два года. Утром 3 августа 1748 г. был положен первый камень ее фундамента, а 12 октября того же года постройка была закончена. Ее вел ярославский крестьянин Михаил Горбунов. К началу 1749 г. лаборатория была оборудована мебелью, приборами, посудой и реактивами. Вся лаборатория обошлась, примерно, в 2 000 рублей того времени.

С постройкой лаборатории Ломоносов получил, наконец, возможность приступить к экспериментальным исследованиям, программу которых он составил еще в 1745 г. Эта программа является отражением теоретических воззрений Ломоносова, сложившихся под влиянием Вольфа, сторонника философии Декарта и Лейбница. Но Ломоносов пошел гораздо дальше своего учителя.

Стоя на механико-материалистической точке зрения, Ломоносов стремился свести все физические и химические явления к движению «нечувствительных» (т. е. по своей малости недоступных для органов чувств) физических частичек, которые составляют тела природы и обладают притяжением, инерцией и фигурой. А если так, то и химия, по Ломоносову, должна быть точной математической наукой, основанной на весе, мере и числе. В научной системе Ломоносова не было места для «невесомых флюидов», т. е. лжематерий, к которым физики прибегали вплоть до середины прошлого века для объяснения тепловых, световых, электрических и магнитных явлений. Напомним, что почти полвека спустя после Ломоносова, основатель химии нового времени, Лавуазье, не смог отрешиться от этих лжематерий, в частности теплорода, и даже включил их в список элементов (в 1787 г.). Напомним также, что в своем известном письме к Эйлеру (5 июля 1748 г.) Ломоносов, задолго до Лавуазье и Роберта Майера, сформулировал законы сохранения массы и энергии, составляющие основу всех наук о природе.

В соответствии со своими теоретическими взглядами, Ломоносов в программе лабораторных работ отвел видное место количественному исследованию физических свойств, или, как он писал, «частичных качеств», зависящих от движения «нечувствительных частичек»,— плотности, сцепления, упругости, электрических свойств и др. Он настоятельно предлагал тщательно очищать изучаемые вещества, «чтобы в них никакого постороннего примесу не было, от которого обман быть может» и «примечать вес и меру употребляемых к тому материй», а также и «все окрестности» (т. е. условия) опытов.

Программа Ломоносова была для того времени совершенно революционной. Достаточно вспомнить, что она относится к эпохе теории флогистона, когда химия, находившаяся во власти учений о невесомых материях и скрытых качествах, совершенно не интересовалась количественной, весовой стороной химических превращений, не говоря уже об изучении физических свойств, которое получило право гражданства в химии только в конце прошлого столетия. Основные мысли этой программы получили развитие в гениальном «Курсе истинной физической химии» (1752), к сожалению, оставшемся незаконченным. Уже одно заглавие и определение: «физическая химия есть наука, объясняющая на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при помощи химических операций» звучат так, как будто

они писались не почти 200 лет назад, а самое раннее в 80-х годах XIX века. Особенно замечательны отрывки 9-й главы. Здесь Ломоносов высказывает мысль о необходимости изучения физических свойств «смешанных тел» в зависимости от состава. Как известно, этот вопрос стал систематически разрабатываться только в конце XIX века, а исследования зависимостей между составом и физическими свойствами и теперь продолжают быть одной из основных задач общей химии, в частности физико-химического анализа, созданного уже в наше время академиком Н. С. Курнаковым.

В оставшихся после Ломоносова документах мы находим обширный план физико-химических исследований водных растворов солей, предусматривающий определения растворимости при различных температурах, удельного веса, теплового расширения, вязкости, капиллярного подъема, показателя преломления и др. Из этого плана, далеко не исчерпанного и до наших дней, Ломоносов успел осуществить только измерения растворимости нескольких солей (предвосхитив работу Гей-Люссака, опубликованную в 1819 г.). Что было сделано еще — остается неизвестным, так как лабораторные журналы Ломоносова до сих пор не найдены. Последнее тем более досадно, что в отчете за 1756 г. Ломоносов говорит об опытах обжигания металлов «в заплавленных накрепко стеклянных сосудах... Оными опытами нашлось, что без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере». Таким образом, Ломоносов за 20 лет до Лавуазье применил весовой метод к изучению явлений окисления и вполне правильно понял значение воздуха для образования металлических «окалин».

Исследовательскую лабораторную работу Ломоносов сочетал с учебной. Во исполнение завета Петра Первого он непрестанно заботился о воспитании научной смены «из природных россиян». Он читал курс физической химии нескольким студентам и руководил их практическими занятиями и исследовательскими работами. Как известно, за границей первая научно-учебная лаборатория такого же типа была организована Ю. Либихом только в 1824 г.

Сочетая науку с практикой, Ломоносов вел в своей лаборатории и научно-технические исследования: изучение цветных стекол и эмалей, явившееся основой его знаменитых мозаичных работ, получение берлинской лазури и др. Немало труда он поло-

жил и на изучение природных богатств России (минералов, руд, соляных озер и др.), воплощая в жизнь свои слова:

«В земное недро ты, Химия.
Проникни взора остротой
И, что содержит в нем Россия,
Драги сокровища открой».

Итак, Ломоносов поставил в нашей Академии химию на такую высоту, которой эта наука в то время нигде не достигала. Однако его гениальные мысли настолько опередили эпоху, что никто из современников не был в состоянии оценить их по достоинству. Один только Эйлер относился с пониманием и сочувствием к идеям Ломоносова, но большого содействия оказать ему не мог, так как в то время находился в Берлине.

В 1754 г. Ломоносов, переутомленный и перегруженный множеством обязанностей, отказался от кафедры химии. Вскоре он перестал заниматься ею и практически. Крупнейшие химические работы Ломоносова остались незаконченными. Он отошел от химии, не завершив начатых трудов и не успев создать научной школы.

Гигантский труд Ломоносова в области химии оставался в течение почти 150 лет погребенным в архивах Академии. Несомненно, что преемники Шумахера, оскорблявшего и унижавшего Ломоносова за его борьбу «с неприятельми наук Российских», позаботились о том, чтобы работы и само имя Ломоносова — химика поросли забвением. Так оно и случилось. Только в 1904 г. проф. Б. Н. Меншуткин (1874—1938), опубликовав рукописи химических работ Ломоносова, впервые показал все величие творческого гения первого русского химика, опередившего свой век более чем на столетие.

БЛИЖАЙШИЕ ПРЕЕМНИКИ ЛОМОНОСОВА

Кафедра химии после Ломоносова быстро пришла в упадок. Она опять стала замещаться либо представителями других специальностей, имевшими лишь отдаленное отношение к химии, либо просто малоспособными, отсталыми людьми. Ульрих Христофор Сальхов (1722—1787), назначенный в 1755 г. академиком по химии (без ведома Ломоносова) и принявший на себя в 1757 г. заведывание лабораторией, выбыл из Академии в 1760 г., «что несомненно составляет наибольшую заслугу этого скромного труже-

ника-врача». Его преемником был Иоганн Готлиб Леман (1700—1767), плодовитый писатель, автор переведенных на русский язык руководств по минералогии и пробирному искусству, изучавший русские минералы (в 1766 г. он описал природный хромат свинца — красную свинцовую руду). В 1767 г. Леман погиб от случайного отравления парами мышьяка при лабораторном опыте. После смерти Лемана лабораторией временно заведывал академик по ботанике И. Гертнер — до 1770 г., когда кафедра химии была опять временно поручена Эрику (Кириллу Густавовичу) Лаксману (1738—1796). Пастор по профессии и натуралист-путешественник по призванию, Лаксман, находясь в Барнауле в 1764—1766 гг., сделал успешные заводские опыты варки стекла с заменой поташа природным сульфатом натрия. Как химик, он был практиком-самоучкой. Его химические исследования немногочисленны и незначительны. В 1781 г. Лаксман был за какие-то провинности переведен в Нерчинск. Заведывание лабораторией перешло к Иоганну Готлибу Георги (1729—1802), бывшему с 1776 г. адъюнктом и с 1783 г. академиком по химии. Георги не оставил в области химии ничего, кроме нескольких исследований минерального сырья, но приобрел большую известность, как путешественник-натуралист (он принимал участие в знаменитой экспедиции Палласа).

Не имея ни преданного делу и знающего заведующего, ни определенного бюджета, химическая лаборатория Академии пришла в совершенно неудовлетворительное состояние. От отсутствия ремонта, плохого отопления и частых наводнений здание разрушалось. Оборудование приходило в негодность, реактивы и другие материалы не пополнялись. Академическое начальство равнодушно взирало на гибель первой русской химической лаборатории.

Некоторые попытки возродить ломоносовскую лабораторию делал Никита Петрович Соколов (1748—1795), воспитанник Академии Наук, с 1783 г.— адъюнкт и с 1787 г.— академик по химии. Он читал в лаборатории лекции по химии и неоднократно обращался к директору Академии княгине Екатерине Романовне Дашковой с просьбами о ремонте лаборатории и отпуске средств. Получая постоянные отказы, Соколов в 1792 г. ушел в отставку, и заведывание лабораторией принял Яков Дмитриевич Захаров (1775—1836), также питомец Академии, с 1791 г.— адъюнкт и с 1798 г.— академик. При нем в 1793 г. здание ломоносовской лабо-

ратории было продано на слом, а остатки оборудования частью выброшены за негодностью, частью расхищены.

Несмотря на письменное заверение Е. Р. Дашковой: «я не оставлю Академию без лаборатории... Уничтожая старую, я не допущу того, чтобы не выстроили более прекрасной», Академия много лет никакой химической лаборатории не имела. Поэтому Тобиас (Товий Егорович) Ловиц (1757—1804), с 1790 г.— адъюнкт и с 1793 г.— академик по химии, вел свои работы в придворной аптеке и на кухне, приспособленной под лабораторию. В этой примитивной обстановке Ловиц все же смог сделать немало крупных открытий, обеспечивающих ему почетное место в истории химических знаний. Ловиц впервые обнаружил адсорбцию растворенных веществ углем (1785), которая, как известно, получила позднее широкое применение в лабораторной и заводской практике. Им подробно исследованы процессы кристаллизации, причем открыты и изучены явления переохлаждения и пересыщения растворов (1789), а также получены кристаллогидраты хлористого натрия, хлористого кальция и др. (1792—1793). Ловиц приготовил впервые безводную уксусную кислоту (1789), безводные винный спирт и этиловый эфир (1796). Интересно, что для определения чистоты обоих последних веществ Ловиц измерял их удельный вес.

Отмечая выдающуюся деятельность Ловица как химика-экспериментатора, нельзя обойти молчанием отсталость его теоретических воззрений. В этом отношении он не отличался от других петербургских академиков-химиков конца XVIII века, которые все (за исключением Захарова) упорно придерживались теории флогистона. Весьма характерно, что в те годы, когда Лавуазье наносил последние удары учению Шталя, адъюнкт Академии Соколов печатал в ее трудах работы в духе иатрохимических воззрений XVI и XVII века. В то же самое время Академия издавала русские переводы устарелых учебников химии Маке и Эрксдебена, написанных по флогистонной теории, и даже опубликовала перевод «Собрания различных достоверных химических книг» алхимика XV века Иоганна Исаака Голланда, трактующих о «камне философическом» (издание Академии Наук, СПб, 1787). Добавим, что Лавуазье не был избран в иностранные члены нашей Академии и что его гениальный учебник химии не удостоился перевода на русский язык.

Распространение воззрений Лавуазье в России составляет заслугу не столько Академии, сколько отдельных русских ученых.

Уже упомянутый Я. Д. Захаров читал первый в России курс химии по системе Лавуазье и перевел «Начальные основания химии, горючее существо опровергающей» Х. Гиртаннера (изд. Академии Наук, 1801). Василий Михайлович Севергин (1765—1826), академик по минералогии с 1793 г., много способствовал популяризации новой химии своими лекциями в Медико-хирургической Академии (с 1796 г.) и печатными трудами, из которых назовем «Пробирное искусство» (СПб, 1801). Василий Владимирович Петров (1761—1834) профессор Медико-хирургической академии (с 1795 г.), академик по физике с 1815 г., убежденный сторонник взглядов Лавуазье, проводил их в своих лекциях и своими опытами (1801) устранил последние возражения против кислородной теории явлений горения. Другой, еще более крупной заслугой В. В. Петрова являются его опыты в области гальванического электричества «посредством огромной батареи, состоявшей иногда из 4200 медных и цинковых кружков» (1803). Петровым была впервые получена вольтова дуга между угольными электродами, а также обнаружены явления электролиза воды и других веществ. Эти исследования позволяют считать Петрова пионером электрохимии, одним из предшественников Дэви и Фарадея.

АКАДЕМИКИ-ХИМИКИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКА

В истории русского просвещения конец XVIII и, в особенности, начало XIX столетия ознаменованы учреждением новых рассадников высшего образования. В Петербурге были основаны: Горный институт (1773), Медико-хирургическая академия (1799), Лесной институт (1803), Педагогический институт (1804) и Университет (1819). Были открыты университеты и в крупнейших провинциальных городах России: Харькове (1803), Вильне (1803), Казани (1805), Варшаве (1816), Одессе (в 1817 г.— лицей, преобразованный в 1865 г. в университет) и, несколько позднее, в Киеве (1834). В связи с этим, по новому уставу Академии (1803), существовавший при ней и неоправдавший себя университет был закрыт, и перед Академией была поставлена единственная задача: «расширить пределы всякого рода полезных человеческих знаний, совершенствуя и обогащая оные новыми открытиями». При этом надлежало «обращать труды свои на пользу России, распространяя познание естественных произведений Империи, изыскивая средства к умножению таких, кои составляют предмет народной

промышленности». Новый устав предусматривал две химические кафедры: одну — по «чистой химии», другую — по технологии и химии, «приспособленной к искусствам и ремеслам», а также организацию двух химических лабораторий, которая, однако, не была осуществлена.

Все эти мероприятия несомненно способствовали развитию русской химии, но их благотворное влияние сказалось далеко не сразу. Академия Наук и университеты, как и в XVIII веке, продолжали пополняться главным образом химиками-немцами. Необходимо добавить, что ученые иностранцы большей частью не желали учиться говорить по-русски, нередко они были весьма отсталыми и в научном отношении. Например, профессор Московского университета Рейсс читал химию по-латыни и даже в 1815 г. придерживался давно сданной в архив теории флогистона [20]. Такая отсталость вполне понятна, если вспомнить, что в начале XIX века химия находилась на наиболее высоком уровне только в передовых странах — Франции, Англии и Швеции, а в полуфеодальных германских государствах была, по выражению Либиха, «служанкой врача... плотно запертая на медицинских факультетах, она долго не могла достигнуть самостоятельности». Но в глазах царского правительства Франция являлась очагом «неверия, вольномыслия и начал возмутительных». Для крепостнического строя было гораздо безопаснее продолжать приглашение ученых из германских государств. От этого обе стороны только выигрывали: царское пр́авительство получало вполне благонадежных слуг, не зараженных «лжемудрыми умствованиями и ветротленными мечтаниями», а немцы сохраняли возможность размещать питомцев своих университетов. Развитие естествознания тогда считалось особенно опасным. Так, Жозеф де Местр, виднейший идеолог европейской реакции и близкий советник Александра I, писал: «Старшая дочь науки — гордость... Она особенно ненавидит дворянство и всюду стремится к его упразднению... Слишком много литературы опасно, а естественные науки прямо вредны». В 1821 г. на торжественном акте в Казанском университете адъюнкт химии И. И. Дунаев произнес речь «О пользе и злоупотреблениях наук естественных и о необходимости основывать их на христианском благочестии», заслужившую горячую похвалу известного мракобеса Магницкого [4].

Однако реакционные правящие круги все же понимали, что без развития естествознания невозможно развитие сельского хозяйства и промышленности, в частности той, от которой зави-

сит оборона страны. Растущая промышленность не могла уже обходиться только иностранными инженерами и техниками, а для подготовки своих требовалась соответственная постановка высшего образования как общего, так и специального. Поэтому, в дополнение к университетам были открыты высшие технические школы: Технологический институт в Петербурге (1828), Высшее техническое училище (1832) и Сельскохозяйственная академия (1865) в Москве. В их программах химия занимала видное место.

Все же положение химии и в высших школах и в Академии Наук продолжало оставаться неблагоприятным. В высших школах либо вовсе не было химических лабораторий, либо те, которые существовали, не имели самых необходимых приборов и материалов. Академия Наук не имела химической лаборатории до 30-х гг., когда академик Гесс устроил небольшую, плохо приспособленную лабораторию в главном здании Академии. Неудивительно, поэтому, что успехи химии в Академии Наук были в первой половине прошлого века количественно невелики.

Тем не менее, и в этих тяжелых условиях, академики-химики сделали открытия, занимающие почетное место в истории химических знаний.

До второй половины XIX века академиками по химии и по технологии, кроме уже упомянутого Захарова, были: Шерер, Кирхгоф, Гесс, Якоби, Фрицше и Гамель.

Захаров никаких экспериментальных работ по химии не оставил. Можно только напомнить, что он совершил (в 1804) первый в России полет на воздушном шаре с научной целью и написал «Рассуждение о российском химическом словозначении» (1810), являющееся одним из ранних опытов систематизации русской химической номенклатуры.

Александр Иванович Шерер (1771—1824) изучал естественные науки в Иене, был профессором в Галле, Дерпте (Тарту), в Петербурге в Медико-хирургической академии. В 1815 г. он был избран академиком по химии. Шерер известен как автор опыта русской химической номенклатуры (1808) и учебников химии по системе Лавуазье, а также как основатель первого в России специального химического журнала «Allgemeine nordische Annalen der Chemie», выходившего под его редакцией в Петербурге (с 1819 по 1822 г).

Константин Готлиб Кирхгоф (1764—1833), по профессии фармацевт, в 1811 г. открыл превращение крахмала в глюкозу при кипячении с разбавленной серной кислотой. Эта реакция послужи-

ла основой для создания крахмально-сахарного производства и является классическим примером технически важной каталитической реакции. За свое открытие Кирхгоф удостоился в 1812 г. избрания в экстраординарные академики (с 1807 г. он был членом-корреспондентом, а с 1809 г. адъюнктом Академии).

Герман Генрих (Герман Иванович) Гесс (1802—1850) получил звание врача в Дерпте (Тарту) и изучал химию в Стокгольме у знаменитого Берцелиуса. За исследования минералов и целебных вод Сибири избран адъюнктом (1828), а затем академиком (1830). Гесс читал химию в Петербургских институтах: Технологическом, Горном и Главном педагогическом. В Горном институте он впервые ввел лабораторное преподавание химии, «излагая воспитанникам правила сей науки на самих опытах». Перу Гесса принадлежит классический учебник «Основания чистой химии» (СПб., 1831—1833), выдержавший семь изданий. По этой книге русские студенты изучали химию до конца 60-х годов. Но главной заслугой Гесса является установление носящего его имя основного закона термохимии (1840). Гесс показал, что тепловой эффект химической реакции не зависит от того, идет ли реакция в одну или в несколько стадий. Этот закон постоянства сумм тепла лежит в основе всех термохимических расчетов. Наравне с Лавуазье и Лапласом, Гесс справедливо считается основателем термохимии. Однако замечательные работы Гесса, в которых он предвосхитил закон сохранения энергии (открытый Р. Майером в 1842 г.), не получили развития в России и были забыты до 1887 г., когда В. Оствальд обратил на них внимание химиков и издал его термохимические исследования в серии «Классики точных наук». Свои экспериментальные работы Гесс вел частью в лаборатории Горного института, частью в весьма скромной лаборатории, устроенной им в главном здании Академии.

Борис Семенович Якоби (1801—1874) был с 1835 г. профессором строительного искусства в Дерпте (Тарту). Здесь в 1837 г. он открыл гальванопластику. О своем замечательном открытии Якоби сообщил Академии, которая избрала его адъюнктом (в 1838 г.) и впоследствии (в 1847 г.) академиком по технологии. Другие работы этого крупного ученого относятся преимущественно к электричеству и его применениям. Отметим еще участие Якоби в опытах Сент-Клер Девилля и Дебрэ (в 1860 г. в Париже) по обработке русской платины.

В 30-х и 40-х гг. прошлого века, благодаря работам Берцелиуса, Дюма, Либиха и Вёлера, главное внимание западно-евро-



пейских химиков привлекала органическая химия. Первым ее представителем в Академии Наук является Карл Юлиус (Юлий Федорович) Фрицше (1808—1871).

Фармацевт по специальности, он был с 1830 г. ассистентом известного Митчерлиха в Берлине, а с 1833 г. управлял заведением искусственных минеральных вод в Петербурге. В 1838 г. избран адъюнктом, в 1844 г.— экстраординарным академиком и в 1852 г.— ординарным академиком. Из многочисленных работ Фрицше наиболее интересны исследования в области ароматических соединений. Им получена антраниловая кислота из индиго и обнаружено распадение ее на углекислый газ и анилин (1840), открыта замечательная способность пикриновой кислоты давать молекулярные соединения с углеводородами (1857), получены два изомера нитрофенола (1857), открыты карбазол и новые углеводороды — ретен (1858) и хризен (1866), получен β-динитроантрахинон (1868), и др. Для общей химии представляет интерес наблюдение Фрицше, что при замерзании окрашенных водных растворов кристаллизуется чистый бесцветный лед (1863), а также данное им объяснение давно известной «оловянной чумы» существованием двух аллотропических модификаций олова (1868).

Фрицше работал частью в домашней лаборатории, частью в лаборатории, устроенной Гессом в главном здании Академии. В 1859 г. в ней, во время работ с каменноугольной смолой, произошел пожар, уничтоживший лабораторию и угрожавший сохранности музеев и коллекций. Только в 1867 г., после ходатайств Фрицше и Н. Н. Зинина (избранного в 1858 г.— экстраординарным академиком по технологии) было закончено сооружение новой химической лаборатории в особом здании (по 8-й линии Васильевского острова, д. 17), где она помещалась до переезда Академии в Москву в 1934 г.

Иосиф Христианович Гамель (1788—1862), академик по технологии и химии, занимался исключительно историей техники и экономики. Им составлена история железного производства в России (1833) и др.

Н. Н. ЗИНИН

Молодые русские университеты оказались на первых порах не в состоянии справиться с подготовкой научной смены, особенно по химии. Казалось, следовало обратиться к уже испытанному пути — посылке молодых русских ученых за границу. Однако пра-

вительство Николая I, напуганное восстанием декабристов и опасаясь «революционной заразы», отменило заграничные командировки для подготовки к профессорскому званию. Они были возобновлены только в 30-х годах при министре народного просвещения графе С. С. Уварове (1786—1855), бывшем также президентом Академии Наук (с 1818 по 1855 г.). В числе командированных находились два химика: Александр Абрамович Воскресенский (1809—1880) и Николай Николаевич Зинин (1812—1880), которым, по словам Д. И. Менделеева, «принадлежит честь быть зачинателями самостоятельного русского направления в химии» [21].

А. А. Воскресенский, по окончании курса (в 1836) в Главном педагогическом институте, где он изучал химию у академика Гесса, усовершенствовал свою химическую подготовку в Германии. Особенное влияние оказала на него работа в Гиссенском университете под руководством знаменитого Ю. Либиха (1803—1873). «Лаборатория последнего в те годы была центром, куда шли со всех концов мира изучать новую тогда область органических соединений (Д. И. Менделеев) [21]. Ученики Либиха не только получали превосходную теоретическую и экспериментальную подготовку, не только видели как творится наука, но и сами принимали участие в научном творчестве. Впоследствии Либих говорил Менделееву [23], что считал Воскресенского наиболе талантливым из своих учеников. Однако по возвращении в Россию (в 1838) Воскресенский всецело отдался преподаванию (он читал химию в шести петербургских высших школах, в том числе в университете и в Главном педагогическом институте) и почти вовсе не занимался научной работой *. Деятельность Воскресенского, как выдающегося химика-педагога, воспитавшего целую плеяду виднейших ученых (его учениками были Д. И. Менделеев, Н. Н. Бекетов, Н. Н. Соколов, Н. А. Меншуткин и многие другие известные профессора химии), получила высокую оценку со стороны Д. И. Менделеева, назвавшего его «дедушкой русских химиков» [21]. В 1864 г. Академия Наук избрала А. А. Воскресенского своим членом-корреспондентом.

Н. Н. Зинин [4, 5], окончивший Казанский университет сперва преподавал в нем механику, а затем химию (с 1835 г.). При нем и профессоре К. К. Клаусе (1794—1862) была (в 1834—1837 гг.) построена химическая лаборатория Казанского университета.

---

* Из работ Воскресенского следует отметить: установление состава нафталина, получение хинной кислоты и продукта ее окисления — хинона (1838), открытие теобромина в бобах какао (1842) и исследование донецких углей.

Н. Н. Зинин, после возвращения из заграничной командировки (с 1837 по 1840 г.), во время которой он работал у виднейших ученых Франции и Германии и, в частности, у Либиха, был утвержден профессором химической технологии (в 1841 г.). В отличие от Воскресенского, преподавание не отнимало много времени у Зинина, и он смог успешно продолжать научную работу. Уже в 1842—1845 гг. Зинин опубликовал свои знаменитые работы над восстановлением нитросоединений в аминосоединения. Действуя сернистым аммонием на нитробензол и на α-нитронафталин, Зинин получил анилин и α-нафтиламин (1842) и в дальнейшем показал общность открытой им реакции, приготовив из метединитробензола мета-фенилендиамин (1844) и из мета-нитробензойной кислоты мета-аминобензойную кислоту (1845). Одновременно действием спиртовой щелочи на нитробензол он получил азобензол; последний был восстановлен в гидразобензол и затем перегруппирован в бензидин (1845).

Работы Зинина и производившиеся одновременно с ними исследования К. К. Клауса над уральской платиновой рудой, приведшие к открытию нового элемента, названного им в честь России — рутением (1844), сразу принесли мировую известность казанской лаборатории, этой, по выражению акад. А. Е. Фаворского [2], «колыбели русской химии».

Научное и практическое значение реакции Зинина неизмеримо велико. Достаточно сказать, что она привела к открытию сотен и тысяч новых соединений и ежедневно осуществляется в громадных масштабах на всех заводах земного шара, производящих синтетические красители, лекарственные и взрывчатые вещества. В лаборатории Казанского государственного университета им. В. И. Ленина бережно хранится препарат анилина, полученный самим Зининым — «бесценная химическая реликвия, зародыш анилино-красочной промышленности», как характеризует эту унику акад. А. Е. Арбузов [5].

В 1848 г. Зинин занял кафедру химии в Петербургской Медико-хирургической академии, где образцово поставил преподавание естественных наук и организовал новую химическую лабораторию.

Работы Зинина обратили на себя внимание Фрицше, который, по словам Н. Н. Бекетова [7], «был всегда очень внимателен и любезен к русским химикам и заботился о привлечении в Академию русских ученых сил». По предложению академиков Ленца, Якоби и Фрицше, Зинин в 1855 г. был избран адъюнктом Акаде-

мии. В 1858 г. состоялось избрание его экстраординарным, а в 1865 г.— ординарным академиком.

Из работ Зинина в Петербурге упомянем здесь: синтез горчичных масел и исследование продуктов сочетания их с мочевиной (1852—1855 гг.), а также изучение производных масла горьких миндалей и бензоина (с 1862 г.). Отметим также работу о действии цинка на тетрахлорбензил (1871) (при этом происходит прямое отнятие хлора и образование ненасыщенных соединений). Выдающееся значение названной реакции видно из того, что именно этим путем были получены свободные радикалы (Гомберг, 1900).

Не ограничиваясь научной и учебной работой, Зинин принимал деятельное участие в жизни химических научных кружков, возникших в Петербурге во второй половине 50-х гг. и явившихся теми центрами, из которых впоследствии выросло Русское химическое общество (ныне Всесоюзное химическое общество имени Д. И. Менделеева).

Первый такой кружок, существовавший в 1854 г., сгруппировался вокруг молодого химика П. А. Ильенкова (1821—1877), профессора технологии в Петербургском университете. Второй кружок был организован в 1857 г. Н. Н. Соколовым (1826—1877) и А. Н. Энгельгардтом (1832—1893), горячими сторонниками идей Лорана и Жерара. Благодаря энтузиазму Соколова и Энгельгардта, унитарное учение реформаторов химии проникло в преподавание высших школ России уже в конце 50-х гг., т. е. почти на четверть века раньше, чем во Франции, где оно вошло в официальные программы только в 80-х гг. Соколов и Энгельгардт (в 1859) организовали публичную химическую лабораторию, в которой все желающие могли заниматься «совершенно свободно чем угодно и как угодно, лишь бы это делалось без стеснения других», а также основали первый на русском языке «Химический журнал» (выходивший ежемесячно в 1859 и 1860 гг.). Эти оба начинания просуществовали недолго. В 1860 г. выход журнала прекратился, а инвентарь лаборатории был пожертвован Соколовым и Энгельгардтом Петербургскому университету.

Кружок Соколова и Энгельгардта показал необходимость и пользу объединения русских химиков. Но оно осуществилось позже, а именно в 1868 г., когда по предложению профессора Петербургского университета Н. А. Меншуткина (1842—1907) на первом съезде русских естествоиспытателей и врачей была выне-

сена резолюция об учреждении Русского химического общества «для общения сложившихся уже сил русских химиков». 5 декабря того же года Н. Н. Зинин был избран президентом нового общества, а Н. А. Меншуткин — делопроизводителем и редактором журнала. На посту президента Русского химического общества Зинин пробыл 10 лет и много способствовал его расцвету. В короткое время Русское химическое общество сделалось средоточием развития химии в России и одним из мировых центров передовой научной мысли.

А. М. БУТЛЕРОВ

В истории химии сохранится навсегда имя Зинина не только как великого ученого, но и как основателя первой русской химической школы. Эта школа возникла в Казанском университете. Крупнейшим ее представителем и одновременно основателем собственной химической школы является Александр Михайлович Бутлеров (1828—1886), ученик Зинина и Клауса. Бутлеров был преемником Зинина по кафедре химии в Казанском университете (с 1854 по 1868 г.). Получив в Казанской лаборатории хорошую практическую подготовку, Бутлеров побывал за границей, где довершил, как он говорил сам, свое «превращение из ученика в ученого» [2].

Уже первые экспериментальные работы Бутлерова говорят о нем, как о великом мастере органического синтеза, обогатившем науку новыми выдающимися достижениями. Сюда относятся синтезы иодистого метилена (1858), триоксиметилена (1859) и гексаметилентетрамина (1860). Действуя на триоксиметилен известковой водой, Бутлеров получил «метиленитан» (1861) — первое сахарообразное вещество, приготовленное синтетически из простейших органических соединений. Получение этого вещества открыло новые пути в химии углеводов, бывшей тогда еще в зачатке.

Еще более значительны относящиеся к тому же времени (начало 60-х гг.) работы Бутлерова, навсегда увековечившие за ним славу творца теории строения органических соединений. «Он вновь, путем изучения химических превращений, стремится проникнуть в самую глубь связей, скрепляющих разнородные элементы в одно целое, признает за каждым из них врожденную способность вступать в известное число соединений, а различие свойств приписывает различному способу связи. Никто не приводил этих мыслей так последовательно, как он, хотя они и проглядывали

ранее», писал Менделеев в 1868 г. Теорию строения, являющуюся и ныне основой органической химии, Бутлеров подкрепил многими блестящими опытными исследованиями (назовем здесь только первый синтез третичного спирта — триметилкарбинола в 1864 г.). Он впервые последовательно изложил с новой точки зрения органическую химию в классическом труде «Введение к полному изучению органической химии» (Казань, 1864—1866; 2-е изд., СПб, 1887). Вскоре после выхода этот труд был опубликован в переводе на немецкий язык (в 1868 г.), что несомненно говорит о признании его значения за границей. По новизне и богатству идей, по умелому выбору и удачной систематизации фактического материала, наконец, по влиянию на развитие науки «Введение» Бутлерова можно сравнить только с «Основами химии» Менделеева.

В 1869 г. по предложению Д. И. Менделеева, Бутлеров возглавил кафедру органической химии в Петербургском университете (которую оставил в 1885 г.). Вскоре Академия Наук избрала Бутлерова адъюнктом (1870), а затем — экстраординарным (1871) и ординарным академиком (1874). К петербургскому периоду относятся такие крупные работы Бутлерова, как исследования правильностей окисления третичных спиртов (1871), гидратации и полимеризации этиленовых углеводородов (1873—1877), в частности изобутилена. Исследования последнего вещества привели Бутлерова к открытию нового, весьма замечательного случая изомерии (так называемой динамической изомерии или таутомерии). Уже в наше время, классические исследования Бутлерова над полимеризацией непредельных углеводородов послужили отправной точкой для создания промышленности синтетического каучука.

По словам А. П. Бородина и А. М. Бутлерова с деятельностью Зинина «соединено возникновение русской химической школы» и «ему обязана русская химия, по преимуществу, вступлением в самостоятельную жизнь». Ученику Зинина, Бутлерову, принадлежит великая заслуга развития дела, начатого Зининым. Уже в 1868 г. Менделеев писал: «существует бутлеровская школа, бутлеровское направление». К этим словам следует добавить, что бутлеровские школа и направление существуют и процветают и в наши дни.

Ближайшим преемником Бутлерова по кафедре в Казани был профессор А. М. Зайцев (1841—1910), член-корреспондент Академии Наук (с 1885). Творец замечательных новых методов органического синтеза (напомним здесь только о его синтезах предельных и

непредельных спиртов при посредстве галогеноцинкорганических соединений, явившихся основой для синтезов по способу Гриньяра), Зайцев воспитал многочисленных талантливых химиков. Назовем здесь покойных профессоров Е. Е. Вагнера, И. И. Канонникова, С. Н. Реформатского и ныне здравствующего академика (с 1942 г.) А. Е. Арбузова, с честью продолжающего дело своего учителя в Казани. Там же работал ученик Бутлерова, член-корреспондент Академии Наук (с 1907) проф. Ф. М. Флавицкий (1848—1917), автор выдающихся исследований по химии терпенов. В Московском университете кафедру органической химии (с 1873 г.) занимал ученик Бутлерова проф. В. В. Марковников (1838—1904), особенно известный своими исследованиями кавказской нефти, приведшими к открытию нафтеновых углеводородов. Он оставил многочисленных выдающихся учеников, из которых упомянем проф. М. И. Коновалова (1858—1906), проф. И. А. Каблукова (1857—1942), избранного в 1932 г. почетным членом Академии Наук, и проф. Н. Я. Демьянова (1861—1938), академика с 1929 г. Из числа учеников Бутлерова по Петербургу назовем таких крупных деятелей, как член-корреспондент (с 1894) Академии Наук проф. Г. Г. Густавсон (1842—1908), исследователь реакций взаимного обмена в отсутствии воды (1873) и каталитических превращений органических веществ в присутствии галогенидов алюминия (1883), проф. В. Е. Тищенко (1861—1941), академик с 1935 г., и ныне здравствующий проф. А. Е. Фаворский, академик с 1929 г., достойный продолжатель бутлеровских традиций, основатель одной из крупнейших школ советских химиков-органиков (см. стр. 68).

Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ

Обратимся теперь к другому направлению русской химии, неразрывно связанному с именем одного из величайших химиков мира — Дмитрия Ивановича Менделеева (1834—1907). Он был учеником А. А. Воскресенского по Главному педагогическому институту. «Другие говорили часто о великих трудностях научного дела, а у Воскресенского в лаборатории мы чаще всего слышали его любимую поговорку: „не боги горшки обжигают и кирпичи делают", а потому в лабораториях, которыми заведывал Воскресенский, не боялись приложить руки к делу науки, а старались лепить и обжигать кирпичи, из которых слагается здание химических знаний» (Менделеев) [21].

Здесь нет возможности хотя бы упомянуть о работах Менде-

леева в различных областях науки и техники (по разносторонности гения Менделеева можно сравнить только с Ломоносовым и Лавуазье). Но необходимо сказать о тех, которые больше всего вызывают удивление и благодарность потомства. Это — периодический закон, «Основы химии» и исследования растворов.

После защиты диссертации «О соединении спирта с водой» (СПб, 1865) Менделеев был избран профессором С.-Петербургского университета по кафедре химии. Обдумывая, как лучше расположить материал своего курса неорганической или, как он говорил, общей химии, Менделеев пришел к открытию периодического закона. Первое сообщение о нем сделал на заседании Русского химического общества 6 марта 1869 г. Н. А. Меншуткин (вследствие отсутствия Д. И. Менделеева по болезни). В последующих докладах и журнальных статьях Менделеев развил и углубил периодический закон, приложив его с гениальной смелостью к исправлению атомных весов уже известных элементов и к предсказанию новых, еще не открытых. Все исправления и предсказания Менделеева блестяще оправдались в течение ближайших лет. Периодический закон сделался основным законом химии. Он внес простоту, порядок и ясность в систему химических знаний, он вдохнул новую жизнь в неорганическую химию, которая к середине прошлого века, казалось, стояла на точке замерзания. Он вдохновлял и продолжает вдохновлять исследователей во всех странах мира. По словам известного историка химии Ладенбурга «эта теория (периодический закон) настолько глубоко проникла в химию, что исследования элементов и их соединений приобрели новое значение. Благодаря установленной ею связи между отдельными элементами, она сообщает каждому такому исследованию ту привлекательность, какой отличается работа, имеющая общий интерес». Успехи современных теорий строения вещества только подтверждают правильность этой оценки, сделанной еще в 1907 г.

В классическом труде «Основы химии» (1 изд. СПб, 1869—1870; 8-е изд., СПб., 1906; 12 изд. Л., 1934) Д. И. Менделеев впервые изложил всю неорганическую химию с точки зрения периодического закона. По богатству и смелости теоретических идей, по оригинальности и свежести освещения обширного фактического материала, наконец, по влиянию, оказанному на развитие химических знаний и на преподавание химии, этот труд не имеет себе равных в мировой химической литературе последующих десятилетий. На «Основах химии» учились и продолжают учиться

многие поколения химиков. Благодаря переводам на иностранные языки (английский, французский, немецкий) «Основы химии» сделались проводником идей Менделеева далеко за пределами нашей страны.

Уже в начале научной деятельности Менделеева его внимание привлекала обширная и тогда мало исследованная область «неопределенных соединений», к которым он относил растворы, сплавы, изоморфные смеси, стекла, шлаки и др. Неоднократно высказывая мысль, что изучение неопределенных соединений «должно послужить к разрешению химических вопросов в самой общей их форме», Менделеев в своих работах, особенно в уже упомянутой диссертации и в капитальной монографии «Исследование водных растворов по удельному весу» (СПб., 1887) применил тот метод исследования «неопределенных соединений», который в позднейшее время дал самые блестящие результаты. Это — изучение физических свойств (у Менделеева — удельного веса) растворов в зависимости от состава, графическое изображение результатов измерений в виде диаграммы «состав-свойство» и ее геометрический анализ. В «особых точках» на диаграммах состав-удельный вес систем вода-спирт, вода-серная кислота, Менделеев видел разрывы сплошности, характеризующие образование определенных соединений. Менделееву удалось лишь наметить основные пути физико-химического исследования растворов, которое получило дальнейшее развитие в руках высокоталантливых химиков, воспитанников, а затем профессоров С.-Петербургского Горного института: В. Ф. Алексеева (1852—1918), Д. П. Коновалова * (1856—1929), академика с 1923 г. и И. Ф. Шредера (1858—1918). Исследования Алексеева «О взаимной растворимости жидкостей» (1876), Коновалова «Об упругости пара растворов» (1881—1884) и Шредера «О зависимости между температурами плавления твердых тел и их растворимостью в жидкостях» (1890), приведшие к установлению важных зависимостей общего характера, по справедливости давно считаются классическими. Эти зависимости вошли в учебники физической химии всего мира и до наших дней являются руководящими для исследователей, работающих в области растворов. Напомним и о громадном значении их для промышленности, в частности, законов Коновалова, являющихся основой процессов дробной перегонки жидких смесей.

---

* С 1890 по 1907 гг. Д. П. Коновалов был преемником Д. И. Менделеева по кафедре неорганической химии в Петербургском университете.

Работы Менделеева, Алексеева, Коновалова и Шредера получили необыкновенно широкое и блестящее развитие в трудах Н. С. Курнакова (1860—1941), академика с 1913 г., крупнейшего представителя менделеевского направления и основателя собственной большой и оригинальной научной школы (см. ниже).

В 1874 г. академики Н. Н. Зинин, О. И. Сомов, А. Н. Савич и А. М. Бутлеров предложили Менделеева в адъюнкты по химии. Однако великий русский химик оказался неугодным академическим реакционерам, и чтобы отвести его кандидатуру был поставлен вопрос, необходимо ли замещать вакансию адъюнкта именно по химии (устав предоставлял Академии право избирать адъюнктов по той науке, по какой она это признает нужным). Решили адъюнкта по химии не избирать, и этим ловким маневром нежелательный кандидат был отстранен. В 1876 г. Д. И. Менделеев был избран членом-корреспондентом Академии Наук.

После смерти Зинина в 1880 г. на освободившуюся вакансию академика по технологии и химии, приспособленной к искусствам и ремеслам, академики П. Л. Чебышев (математик), Ф. В. Овсянников (физиолог), Н. И. Кокшаров (минералог) и А. М. Бутлеров представили Д. И. Менделеева. Представлявшие писали: «проф. Менделеев первенствует в русской химии, и мы смеем думать, что ему принадлежит по праву место в первенствующем ученом сословии Российской Империи» [15]. Эту уверенность разделяло и все прогрессивное русское общество. Однако в заседании Физико-математического отделения 11 ноября 1880 г. Д. И. Менделеев получил из 19 голосов 9 избирательных и 10 неизбирательных. Когда сообщение о результатах выборов было опубликовано, по всей стране прокатилась волна общественного негодования. «Дело Менделеева» приняло характер острого политического события. Газеты наперебой печатали статьи под такими выразительными заголовками, как «Новый подвиг Академии Наук», «Профессор Менделеев и немцы», «Новая академическая проделка», «Русская или только императорская Академия Наук в С.-Петербурге» (статья А. М. Бутлерова). В знак протеста университеты Московский, Казанский, Харьковский, Киевский и Одесский и многие ученые общества избрали Менделеева своим почетным членом. Русское химическое общество, выбрав в заседании 5 декабря 1880 г. Менделеева своим почетным членом, поднесло ему адрес, в котором приветствовало Менделеева как ученого «равного которому русская химия представить не может». Вскоре (в феврале 1881 г.) Химическое общество учредило премию

имени Д. И. Менделеева на средства, собранные путем общественной подписки, открытой газетой «Голос».

В большинстве газетных статей забаллотирование Менделеева объяснялось только раболепием перед иностранцами и немецким засильем в Академии Наук. Но умалчивалось о том, что большинство Академии лишь отражало волю реакционных правящих сфер, стремившихся иметь в Академии прежде всего послушных и благонадежных слуг царского режима. С этой точки зрения Менделеев никак не подходил. Он был горячим сторонником распространения просвещения в народе и смело выступал против классической системы среднего образования, «латынщины», насаждавшейся зловещей памяти министром народного просвещения графом Д. А. Толстым, нашедшим свое истинное призвание на постах шефа жандармов и министра внутренних дел и бывшем по совместительству президентом Академии Наук (с 1882 по 1889 г.). Менделеев горячо боролся за развитие производительных сил России, за создание самостоятельной русской промышленности, за экономическую независимость нашей родины. Свои убеждения он высказывал и отстаивал с прямотой, доходившей до резкости, а потому считался человеком «неудобного нрава». Любимец студенчества и профессуры, Менделеев был опутан сетями полицейского сыска. У петербургского градоначальника было заведено «дело» Менделеева.

Свою неудачу в Академии Менделеев правильно оценил как дерзкий вызов, брошенный темными силами не лично ему, а русской науке и русскому народу. «Понимаю, что дело идет об имени русском, а не обо мне. Посеянное на поле научном взойдет на пользу народную», писал Менделеев Киевскому университету в ответ на свое избрание почетным членом.

АКАДЕМИКИ-ХИМИКИ КОНЦА XIX И НАЧАЛА XX ВЕКА

Реакционные круги, властвовавшие в то время в Академии, вскоре выдвинули кандидата, вполне отвечавшего их чаяниям. Это был Ф. Ф. Бейльштейн. Его кандидатура, предложенная в 1881 г. академиками Г. П. Гельмерсеном, Г. И. Вильдом, А. В. Гадолиным, А. Н. Савичем и А. И. Шренком, была принята на заседании Физико-математического отделения 19 января 1882 г. Но после протеста Бутлерова, на общем собрании 5 марта 1882 г. Бейльштейн был забаллотирован.

Таким образом, Бутлеров остался единственным академиком по

химии, а в 1886 г., после его смерти, в Академии не оказалось ни одного химика. Академик А. С. Фаминцын сделал попытку вновь выставить кандидатуру Менделеева, но ему заявили, что представлению Менделеева не будет дано хода. Академиком по химии был избран в 1886 г. Николай Николаевич Бекетов (1827—1911), а по технологии — Фридрих Конрад (Федор Федорович) Бейльштейн (1838—1906). По окончании курса в Гейдельбергском университете, Бейльштейн был професором в Гёттингене, откуда перешел на кафедру химии в С.-Петербургский технологический институт, которую занимал с 1866 по 1896 г.

Имя Бейльштейна как автора многочисленных исследований в области ароматических соединений получило известность еще в 60-х годах. Из его наиболее крупных работ назовем изучение хода хлорирования толуола в зависимости от температуры (1866), выяснившее, что при повышенной температуре хлор замещает водород в боковой цепи, а при более низкой — в бензольном ядре, синтезы орто- и мета-толуидина (1870—1871), синтезы орто-нитрокоричной, орто-нитробензойной и антраниловой кислот (1872), исследования кавказской нефти (1880—1881). Все эти работы, помимо научной ценности, имеют и большое значение для промышленности, в особенности анилино-красочной. Бейльштейн явился одним из первых сторонников теории строения бензола Кекуле и своими исследованиями способствовал ее быстрому признанию. Среди химиков-органиков всего мира Бейльштейн широко известен, как автор справочника «Handbuch der organischen Chemie» (1-е изд. Лейпциг, 1881—1883; с 1899 г. издается Немецким химическим обществом). Каждый химик знает реакцию Бейльштейна для открытия галогенов в органических веществах.

При всем значении этих трудов их нельзя сравнивать с тем, что уже тогда дал науке Менделеев. И чтобы понять, почему реакционные круги Академии так упорно держались за кандидатуру Бейльштейна, необходимо вспомнить, что, как видно из его некролога, написанного Э. Гельетом [36], хорошо знавшим Бейльштейна лично, соперник Менделеева был убежденным реакционером, а потому «пользовался в высших административных кругах большим авторитетом и имел связи с высокопоставленными и руководящими особами».

Избранный в 1886 г. академиком по химии Николай Николаевич Бекетов (1827—1911) сперва учился в С.-Петербургском университете, где слушал химию у проф. М. Ф. Соловьева, кото-

рый «с жаром доказывал при объяснении явлений горения преимущество и логичность объяснения Лавуазье», а затем перевелся в Казанский университет, где и окончил курс (в 1848 г.). Поработав в Петербурге у Зинина, Бекетов был назначен профессором Харьковского университета. Там протекала его деятельность (с 1855 по 1886 г.) до избрания академиком (в 1877 г. он был избран членом-корреспондентом).

Область работ Бекетова лежит весьма далеко от той, которую разрабатывал его учитель Зинин. Бекетова, на протяжении всей его долголетней деятельности, привлекала преимущественно проблема химического сродства, затронутая еще алхимиками, впервые поставленная на научную почву Бертолле и далеко не разрешенная даже в настоящее время.

В докторской диссертации «Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими» (1865) Бекетов старается «связать химические явления с общими механическими свойствами материи» и указывает на желательность, «чтобы люди, знакомые с применением математики к молекулярным явлениям, обратили бы свои изыскания на химические явления». В этих словах — целая программа, к выполнению которой Бекетов только подошел и которая отнюдь не исчерпана и в наши дни.

Изучая действие водорода под давлением на растворы солей серебра и ртути, Бекетов в 1865 г. впервые обнаружил замечательный факт вытеснения в этих условиях металлов водородом и пришел к выводу, что химическое действие газа пропорционально давлению или химической массе, предвосхитив, таким образом, закон действующих масс, открытый Гульдбергом и Вааге в 1867 г. В этой же работе Бекетов описал открытое им ранее (в 1859 г.) восстановление металлических окислов алюминием, которое, как известно, получило широкое промышленное применение лишь много позже, после работ Г. Гольдшмидта (с 1894 по 1910 г.).

В дальнейшем Бекетов показал, что водород восстанавливает окиси щелочных металлов до металлов. Эта серия работ была поставлена с целью выяснить влияние атомного веса на химические реакции и привела к выводу, что наиболее прочными являются те соединения, которые образованы элементами с близкими атомными весами; с увеличением разности атомных весов прочность соединений уменьшается. Это «правило Бекетова» давно имеет только исторический интерес. Еще Менделеев указал, «что для понимания истинных отношений сродств еще далеко недостаточно и тех дополнений к механической теории химических

явлений, которые дал Н. Н. Бекетов. Тем не менее, в его способе объяснения относительной прочности многих соединений видна весьма интересная постановка вопросов первостепенной важности. Без подобных попыток невозможно обнять сложные предметы опытных знаний».

К рассматриваемой группе исследований Н. Н. Бекетова примыкает и его последняя экспериментальная работа «О взаимном обмене галоидных солей в расплавленном состоянии» (совместно с В. Н. Бекетовым, 1903 г.). Она интересна как одна из первых работ об обменном разложении солей в отсутствии воды (исследования в этой области получили в Академии Наук широкое развитие только с 1920 г. в работах А. Г. Бергмана и его учеников). Занимаясь вопросами химического сродства, Бекетов уделял много внимания термохимическим исследованиям. Ему принадлежат определения теплоемкости водорода в сплаве последнего с палладием, теплот образования и теплот гидратации окисей щелочных металлов и др.

После смерти Ф. Ф. Бейльштейна, освободившаяся вакансия академика оставалась незамещенной до 1910 г., когда на нее был избран Павел Иванович Вальден (род. в 1863 г.), профессор Рижского политехнического института (с 1894 по 1918 г.). Основными областями работ Вальдена были стереохимия, электрохимия неводных растворов и история химии. С 1919 г. Вальден занимал кафедру химии в Ростокском университете.

Н. С. КУРНАКОВ

Вакансия, освободившаяся за смертью Н. Н. Бекетова, была замещена только 7 декабря 1913 г., когда ординарным академиком по химии был избран Николай Семенович Курнаков (1860—1940), профессор Горного и Политехнического институтов в Петербурге, доктор химии honoris causa Московского университета (1909).

По образованию горный инженер, Курнаков получил прекрасную подготовку по химии в Горном институте, где, со времени академика Г. И. Гесса, преподавание химии стояло на большой высоте. По возвращении из заграничной командировки, в течение которой он работал у профессоров Фрейбергской горной академии Винклера, Рихтера и Ледебура, Курнаков получил звание адъюнкта (в 1885 г.), а затем и профессора (в 1893 г.) Горного института. Диссертация Курнакова «О сложных металлических основаниях» является крупным вкладом в химию комплексных соединений. Открытая им закономерность, известная под названием «правила

Курнакова», позволяет, по отношению комплексных соединений двухвалентной платины к тиомочевине, безошибочно различать цис- и транс-изомеры. Ею уже более полувека пользуются все химики, изучающие геометрическую изомерию производных двухвалентной платины.

В конце 90-х годов Н. С. Курнаков приступил в руководимых им лабораториях Горного, Электротехнического (с. 1899 г. по 1908 г.) и Политехнического (с 1902 г.) институтов к широкому систематическому исследованию металлических сплавов. В то время, в связи с блестящим расцветом физической химии, созданием новых методов исследования, а также под влиянием запросов промышленности, область сплавов начала привлекать к себе усиленное внимание исследователей как за границей, так и у нас. Напомним, что пионерами в области изучения сплавов являются русские инженеры П. П. Аносов (1797—1851) и Д. К. Чернов (1839—1921).

Сознавая уже тогда необходимость коллективной научной работы, Курнаков организовал при Русском техническом обществе Металлографическую комиссию (1899) и привлек к участию в исследованиях своих учеников. Старейшими из них были такие выдающиеся ученые, как покойные профессора С. Ф. Жемчужный, Н. И. Степанов (член-корреспондент АН СССР с 1929 г.), Н. С. Константинов и ныне здравствующие профессора А. Н. Кузнецов, Г. Г. Уразов (член-корреспондент АН СССР с 1939 г.), Н. Н. Ефремов и другие. Так было положено основание школе Курнакова, вскоре получившей почетную известность во всем мире.

Работы Н. С. Курнакова и его школы, относящиеся к дореволюционному периоду, имели своей задачей создание новой экспериментальной методики, накопление опытного материала и установление основных типов зависимостей свойств двойных систем от их состава. В 1903 г. Курнаковым был построен регистрирующий пирометр оригинальной конструкции, являющийся и в наше время наиболее совершенным прибором для термического анализа, т. е. для исследования превращений веществ посредством записи кривых охлаждения и нагревания. Метод микроструктуры был с большим успехом распространен на сплавы солей (Жемчужный, 1906) и на органические вещества (Ефремов, 1912). Разработан новый метод давления истечения (Курнаков и Жемчужный, 1909). Предложена методика приготовления образцов для измерения электропроводности хрупких сплавов (Степанов, 1908). Курнаковым и Жемчужным установлены для двойных систем основные типы диаграмм — состав-электропроводность (1906), состав-

твердость (1908), состав-внутреннее трение (1912) и состав-давление истечения (1913). Открытые зависимости, проверенные на большом числе металлических, соляных и органических систем, легли в основу общего метода изучения химических превращений, который Курнаков назвал физико-химическим анализом. «Совместной непрерывной работой теории и эксперимента,— писал Курнаков в 1913 г.,— на наших глазах раскрывается пограничная область химического знания, которая имеет целью определение химической природы одно- и поликомпонентных систем на основании изучения соотношений между составом и физико-химическими свойствами. Эту область можно назвать физико-химическим анализом. Являясь по существу своей задачи одной из глав теоретической химии, физико-химический анализ имеет бесчисленные приложения в пограничных науках и технике» [17].

Найденные опытным путем зависимости между составом и численными значениями физических свойств системы изображаются графически в виде диаграмм состав-свойство. Геометрический анализ их позволяет делать совершенно точные выводы о характере взаимодействия компонентов системы, о природе и границах существования образующихся при этом однородных веществ (фаз), не прибегая к их разделению, которое в ряде случаев практически неосуществимо. Этим метод физико-химического анализа существенно отличается от господствовавшего в химии вплоть до конца прошлого века препаративного метода, основанного на выделении в чистом виде определенных соединений посредством выпаривания, кристаллизации, фильтрования, перегонки и других операций.

В физико-химическом анализе химия, физика и геометрия вступают в тесный союз для борьбы за познание превращений вещества. На необходимости такого союза настаивал еще Ломоносов, который в середине XVIII века писал, что если бы химики «не гнушались поучиться священным законам геометров, то, несомненно, могли бы глубже проникнуть в тайники природы», и что «можно легче распознать скрытую природу тел, если соединить физические истины с химическими». Им же была впервые высказана мысль, составляющая сущность физико-химического анализа: «Следует наблюдать, сколько и в какую сторону изменилось каждое свойство при изменении известной составной части, чтобы из сопоставления того и другого можно было выяснить природу смешанных тел» [23].

Гениальные предвидения первого русского химика, не оказав-

шие, однако, никакого влияния на развитие науки, осуществились только в наше время. В учении Курнакова о сингулярных точках химических диаграмм, плодотворность союза химии, физики и геометрии получила наиболее яркое выражение.

Учение о сингулярных точках является продолжением и развитием представлений Менделеева (1887) об особых точках на кривых — состав-удельный вес жидких растворов. Менделеев рассматривал эти точки как внезапные разрывы сплошности кривых, отвечающие определенным соединениям. Однако существование разрывов в однородной жидкой среде долгое время считалось несовместимым с принципом непрерывности, согласно которому изменения свойств жидкой фазы (раствора) должны быть непрерывными функциями ее состава.

Курнаков, исследуя в 1912 г. совместно с Жемчужным внутреннее трение двойных жидких систем, образованных горчичными маслами и аминами, нашел, что на изотермах — состав-внутреннее трение — образование недиссоциированных определенных соединений выражается появлением максимальных точек, состав которых подчиняется законам постоянных и кратных отношений и остается неизменным при изменении факторов равновесия системы [17, 18].

Руководствуясь принципом непрерывности, Курнаков пришел к заключению, что обе ветви изотермы могут быть непрерывно переведены одна в другую. Принцип непрерывности требует, чтобы при непрерывном изменении состава фазы (в данном случае жидкого раствора) ее свойства изменялись также непрерывно. Согласно же принципу соответствия одной фазе должен отвечать один геометрический образ на диаграмме состав-свойство. Так как на всем интервале концентраций система состоит из одной фазы (жидкого раствора), все свойства системы должны выражаться непрерывными функциями ее состава, и поэтому обе ветви изотермы следует считать принадлежащими к одной и той же непрерывной кривой, имеющей особую или сингулярную точку. Подобные точки (узловые, угловые, возврата и др.) наблюдаются на некоторых алгебраических и трансцендентных кривых.

Однако Курнаковым и его сотрудниками были обнаружены случаи, когда в системе происходит образование новой фазы, не имеющей сингулярных точек на диаграммах свойств. Замечательным примером этого является γ-фаза системы таллий-висмут (Курнаков, Жемчужный и Тарарин, 1913). Эту фазу и другие подобные ей фазы переменного состава, стоящие на рубеже между

растворами и определенными соединениями, Курнаков назвал бертоллидами (в честь Бертолле) в отличие от дальтонидов — определенных соединений, характеризующихся сингулярной точкой, отвечающей стехиометрическому отношению компонентов.

В учении о сингулярных точках Курнаков впервые дал точную геометрическую характеристику определенного соединения. Этим он разрешил один из основных вопросов общей химии, возникший свыше ста лет назад в знаменитом споре между Прустом, сторонником постоянства состава химических соединений, и Бертолле, утверждавшим, что их состав может быть переменным. Долгое время этот спор считался окончательно решенным в пользу точки зрения Пруста. Курнаков примирил оба противоположные воззрения, показав, что состав химических соединений может быть и постоянным и переменным.

Избрание Н. С. Курнакова в академики открыло перед ним путь к еще более широкой и плодотворной творческой работе, которая достигла полного расцвета в советский период (стр. 41).

ХИМИЯ В АКАДЕМИИ НАУК В ПЕРИОД ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Первая мировая война обнаружила совершенно недостаточную подготовленность нашей страны к обороне, явившуюся следствием многих исторически сложившихся политических и экономических причин. Одной из них была экономическая зависимость России от Германии, особенно вредно отразившаяся на нашей химической промышленности. Развитию последней, помимо условий общего характера, сильно препятствовала и малая осведомленность об отечественных источниках сырья для химических производств.

Для планомерного выявления и исследования природных богатств нашей страны с точки зрения их промышленного использования при Академии Наук по инициативе академика В. И. Вернадского (1863—1945) была организована Комиссия по изучению естественных производительных сил России (4 февраля 1915 г.). Председателем этой Комиссии (КЕПС) был избран В. И. Вернадский, товарищем председателя — Н. С. Курнаков. Под их руководством была развернута широкая организационная и исследовательская работа, которая дала весьма существенные результаты для промышленности и обороны. Вокруг КЕПС начали объединяться кадры химиков, работавших в лабораториях высших учебных заведений Петрограда и других городов. Развитие работ привело

к мысли о создании сети научно-исследовательских институтов по всем областям знания, соприкасающихся с деятельностью КЕПС. Эта мысль вполне созрела уже в 1916 г. [11], но была осуществлена только после Великой Октябрьской Социалистической революции.

ОБЩИЕ ИТОГИ РАЗВИТИЯ ХИМИИ В ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ РОССИИ

Бросая взгляд на путь, пройденный химией от основания Академии Наук до Великой Октябрьской Социалистической революции, нельзя не вспомнить слов В. В. Марковникова, сказанных при чествовании в связи с 150-летием первой русской химической лаборатории: «Химия принадлежит к числу тех наук, которым у нас особенно посчастливилось. Мы с гордостью можем поместить в числе первоклассных ученых и русские имена». Однако В. В. Марковников был вынужден признать, что «несмотря на этот видимый успех, химия не занимает еще того положения в России, которое ей должно принадлежать в государстве с населением более ста миллионов и с природными богатствами, ожидающими только применения к ним химических знаний, чтобы сделаться источником народного обогащения». Причина несоответствия успехов химии с ее положением в дореволюционной России совершенно ясна. Еще Ломоносов в своем «Слове о пользе химии» (1751) говорил: «Науки художествам (т. е. промышленности) путь показывают; художества происхождение наук ускоряют. Обои общею пользою согласно служат». И несомненно, что отсутствие химической промышленности было главной причиной того, что гениальные мысли Ломоносова прошли незамеченными, что великие открытия Зинина и других русских химиков впервые получили практическое применение за границей. Русская химия, особенно до конца XIX века, развивалась почти вне связи с химической промышленностью, находившейся в зачаточном состоянии и к тому же бывшей почти целиком в руках иностранных капиталистов. Польза химических исследований не сознавалась в должной мере царским правительством. И все же русская химия в короткий срок заняла одно из первых мест в мировой науке. Великий русский народ смог, несмотря на все препятствия и трудности, дать человечеству таких гениев, как Ломоносов, Бутлеров, Менделеев и многих других всемирно известных химиков, имена которых только что прошли перед читателем.

Великая Октябрьская Социалистическая революция открыла широчайший простор для развития творческих сил нашей страны. В то же самое время она дала новую жизнь и трудам наших великих предков по науке. Их мысли и дела продолжают развиваться многотысячной армией советских химиков, передовой отряд которой составляют химики Академии Наук СССР, бережно хранящие лучшие традиции славного прошлого нашей химии и пролагающие новые пути к еще более блестящему будущему.

ХИМИЯ В АКАДЕМИИ НАУК В СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

В. Г. ХЛОПИН, А. А. БАЛАНДИН, С. А. ПОГОДИН

После Великой Октябрьской революции, положение химии в Академии Наук изменилось весьма существенно. К моменту Октябрьской революции химия была представлена тремя академиками, входившими в состав Физико-математического отделения Академии. Экспериментальной базой химии в Академии была скромная по площади, оборудованию, штатам и бюджету лаборатория на 8-й линии Васильевского Острова, построенная еще в 1867 г. * В настоящее время Академия насчитывает 17 академиков и 25 членов-корреспондентов по химии, объединенных с 1939 г. в Отделении химических наук (ОХН). Отделение руководит деятельностью шести химических институтов и одной лаборатории, в которых работает около 500 научных сотрудников, в том числе 75 докторов и 205 кандидатов химических наук. В ведении ОХН находятся также химические институты филиалов АН и Всесоюзное химическое общество имени Д. И. Менделеева, являющееся преемником Русского химического общества. При Отделении имеются комиссии: по аналитической химии, по высокомолекулярным соединениям, по изотопам, по минеральным водам, по истории химии и по разработке литературного наследия Д. И. Менделеева.

ОХН издает свои «Известия» и ведает изданием основных со-

* Лаборатория имела 2 штатных и 2 нештатных сотрудников; ее бюджет составлял 2000 руб. ежегодно.

ветских химических журналов (Acta physicochimica, Журнал общей химии, Журнал прикладной химии, Журнал физической химии, Успехи химии). При ОХН имеется специальная библиотека, насчитывающая около 75 000 томов.

До Октябрьской революции деятельность химической лаборатории АН отражала направления работ академиков, стоявших во главе лаборатории, как это было показано в обзоре дореволюционного периода. Необходимо, однако, заметить, что экспериментальная работа наиболее крупных академиков-химиков во второй половине XIX в. и в начале XX века до революции протекала преимущественно в стенах руководившихся ими лабораторий высших школ, где условия были, в общем, более благоприятны, чем в академической лаборатории.

В отличие от дореволюционного периода химические исследования в Академии ведутся в настоящее время не учеными-одиночками, располагавшими, в лучшем случае, небольшим числом сотрудников, но большими научными коллективами, работающими по определенным планам, отражающим пути развития науки, а также нужды народного хозяйства и обороны. Такая организация работ позволяет сосредоточить внимание исследователей на наиболее актуальных проблемах и обеспечивает разрешение их в значительно более короткие сроки. Другой, не менее существенной особенностью современной академической химии является ее тесная (но все же еще не достаточная) связь с отраслевыми химическими институтами, высшими школами и заводами, осуществляемая путем консультаций, проведения совместных работ, командировок в институты Академии, постановки промышленных испытаний и др. Наконец, как и в первые десятилетия своего существования Академия (с 1928 г.) подготовляет научную смену в лице многочисленных аспирантов, делающих диссертационные работы на соискание ученых степеней доктора и кандидата химических наук. В 1945 г. число аспирантов-химиков в Академии возросло до 135.

Ко времени Октябрьской революции химическая лаборатория Академии вместе с лабораториями Н. С. Курнакова в Политехническом и Горном институтах была базой работ по физико-химическому анализу. Однако до революции химическая лаборатория Академии не играла сколько-нибудь крупной роли среди русских химических лабораторий. Иначе обстоит дело в настоящее время, когда химия в Академии Наук, если и не охватывает всех направлений химической мысли в Союзе, все же является ведущей по целому ряду основных ее разделов. За истекшие годы в недрах

Академии зародился целый ряд новых для нашего Союза, а в некоторых случаях и вообще новых, разделов химии. Значительная часть этих новых направлений в настоящее время представлена в химических институтах Академии, часть же, зародившись в недрах Академии, затем выделилась в форме самостоятельных научно-исследовательских институтов, находящихся в ведении наркоматов. Укажем на химию высоких давлений, зародившуюся в Академии, но получившую свое развитие в Институте высоких давлений Наркомата тяжелой, а затем нефтяной промышленности, на химию природных солей, которая в течение ряда лет была представлена в Солевой лаборатории АН, из которой вырос Институт галургии Наркомата химической промышленности; на химию силикатов, огнеупоров и некоторые другие.

Наряду с направлениями, которые, зародившись в Академии, затем развивались вне ее, в состав академических химических учреждений в настоящее время входят и такие, которые возникли и развились вне Академии. Таков, например, Институт химической физики, возникший из недр Ленинградского физико-технического института и лишь в 1938 г. вошедший в состав учреждений Академии. Наконец, среди химических институтов Академии находятся и такие, как например, Радиевый институт, который возник в недрах Академии, потом выделился и развился в качестве самостоятельного научного учреждения в системе Наркомпроса и затем в 1938 г. вновь вошел в состав Академии. Гидрохимический институт (в Новочеркасске) перешел в Академию в 1938 г.

Из семи химических институтов и лабораторий ОХН, в настоящее время два института — Институт общей и неорганической химии (ИОНХ) и Институт органической химии (ИОХ) — объединяют, в основном, старые химические школы, возникшие еще задолго до революции: в ИОНХ — это школы академика Н. С. Курнакова и проф. Л. А. Чугаева; в ИОХ — школы академика Н. Д. Зелинского и академика А. Е. Фаворского. Остальные химические учреждения, а именно — Институты: Коллоидо-электрохимический, Химической физики, Радиевый, Гидрохимический и Лаборатория геохимических проблем им. В. И. Вернадского — объединяют новые направления в химии, возникшие и развивающиеся у нас после Октябрьской революции.

Следует отметить, что химические исследовательские работы ведутся и в ряде институтов Академии, не входящих в состав ОХН; к таким принадлежат: Институт горючих ископаемых, Институт металлургии и Энергетический институт, входящие в

Отделение технических наук, а также Биохимический институт имени А. Н. Баха, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева, Лаборатория физиологической химии, Лаборатория фотосинтеза, входящие в состав Отделения биологических наук АН и другие.

Вследствие чрезвычайного обилия материала и недостатка места, в настоящем обзоре лишь весьма бегло охарактеризованы основные направления химических исследований в Академии и очень кратко изложены полученные результаты, имеющие особое научное и народнохозяйственное значение.

ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Работы в этой области химии в основном сосредоточены в Институте общей и неорганической химии. Он был организован в 1934 г. путем слияния трех старейших химических учреждений Академии, а именно: 1) лаборатории общей химии, образованной при реорганизации прежней химической лаборатории, основанной в 1748 г. Ломоносовым, 2) Института физико-химического анализа, основанного в 1918 г. академиком Н. С. Курнаковым и 3) Института платины и других благородных металлов, основанного в 1918 г. проф. Л. А. Чугаевым. В 1944 г., в связи с исполнившимся 25-летием Института, Совнарком СССР присвоил ему имя Н. С. Курнакова, основателя и первого директора ИОНХ. В настоящее время директором Института является академик И. И. Черняев (с 1941 г.).

В институте объединены и продолжают развиваться две крупнейшие школы советских химиков, созданные Н. С. Курнаковым и Л. А. Чугаевым. В соответствии с этим, Институт состоит из двух отделов: 1) физико-химического анализа, которым руководит заместитель директора член-корр. АН СССР Г. Г. Уразов, ученик Н. С. Курнакова и 2) отдела платины, которым руководит директор академик И. И. Черняев, ученик Л. А. Чугаева. В Институте, кроме того, имеются лаборатории, не входящие в отделы (аналитическая, рентгенографическая, термохимическая и др.).

Работы по физико-химическому анализу, сущность которых была охарактеризована выше, развивались в направлениях, указанных Н. С. Курнаковым в 1917 г. в докладе «Задачи Института физико-химического анализа»: геометрия химической равновесной диаграммы, изучение тройных и многокомпонентных систем, изучение жидких и твердых фаз переменного состава, применение фи-

зико-химического анализа к исследованию природных богатств Советского Союза, металлических сплавов и других объектов, имеющих большое народнохозяйственное значение. Эта программа является логическим следствием всей предыдущей деятельности Курнакова и его учеников. Над ее осуществлением Институт продолжает работать и в настоящее время.

По словам Н. С. Курнакова, «развитие физико-химического анализа за последние годы определяется, с одной стороны, громадным накоплением фактического материала в разнообразных химических областях (сплавов, солей, органических веществ, силикатов), с другой стороны — проникновением геометрических методов в химию» [18].

Переход от двойных систем, бывших главным предметом изучения до 1917 г., к системам, состоящим из трех и нескольких компонентов, потребовал создания новых графических приемов. Отсутствие простых и удобных способов изображения многокомпонентных систем всегда было главным препятствием для их исследования. Благодаря работам В. Н. Лодочникова (1924), В. Я. Аносова (1936) и в особенности покойного В. П. Радищева (1896—1942), это препятствие в значительной мере преодолено, что имеет большое значение для исследования многокомпонентных соляных рассолов, металлических, соляных и сульфидных сплавов и других важных для промышленности объектов.

Исследование тройных систем (и тем более многокомпонентных) требует большой затраты материала и труда. Предложенные Д. А. Петровым (1940, 1941) упрощенные приемы изучения тройных и четверных систем позволяют ускорить построение их главнейших элементов. Первое в русской литературе изложение теории тройных систем, сделанное Г. Г. Уразовым (1922), является ценным пособием при их изучении.

Разработка геометрии химической диаграммы имеет целью установить связь между происходящими в равновесной системе химическими превращениями и геометрическими преобразованиями пространства [18].

Свыше ста лет назад было высказано мнение (Франкенгейм, 1835, Копп, 1841), господствовавшее среди химиков XIX века и отчасти сохранившееся до наших дней, что все максимумы, минимумы и изломы, наблюдаемые на кривых, выражающих изменение свойств двойных систем (плавкости, растворимости, упругости пара, вязкости, удельного веса и др.) в функции состава, отражают образование определенных соединений. Вследствие этого, к

числу последних было неправильно отнесено множество веществ, являющихся не химическими индивидами, но растворами или неоднородными смесями (например, нераздельно кипящие растворы, эвтектики, криогидраты). Полная ясность в этот вопрос была внесена учением Н. С. Курнакова о сингулярных точках химических диаграмм, которое разрабатывалось им на протяжении свыше 20 лет (см. стр. 34).

Учение о сингулярных точках положило начало большому ряду работ по геометрии химической диаграммы, которые велись в двух направлениях. Одно из них — топология химической диаграммы, разрабатывавшаяся преимущественно Н. С. Курнаковым, имеет целью качественное изучение общих геометрических свойств диаграмм, независимо от точного вида и размера тех геометрических элементов, из которых они построены. Главная задача другого направления — метрики химической диаграммы, разрабатывающейся членом-корр. АН СССР Н. И. Степановым и проф. В. Я. Аносовым, заключается в установлении количественных зависимостей между ее геометрическими элементами, а также в нахождении связи между геометрическими свойствами диаграмм и величинами, характеризующими происходящий в системе химический процесс.

С точки зрения топологии, химическая диаграмма есть замкнутый «комплекс», или совокупность геометрических образов — точек, линий и поверхностей. Основная идея приложения топологии к химии состоит в том, что изменениям *состояний* вещества или химическим превращениям в равновесной системе соответствуют изменения *положения* фигур или геометрические преобразования пространства. Начатое Н. С. Курнаковым приложение топологических методов дает возможность безошибочно ориентироваться в наиболее сложных химических диаграммах и проверять правильность их построения [18].

В основе исследований Н. И. Степанова по метрике химической диаграммы лежит мысль о возможности вывода диаграмм состав-свойство из уравнения изотермы реакции. Исходя из закона действующих масс, Степанов вывел общее уравнение изотермы реакции для случая образования компонентами двойной системы химического соединения и через посредство уравнения, дающего связь между выходом соединения и величиной избранного свойства, показал возможность вывода уравнения изотермы состав-свойство. Н. И. Степанов подтвердил свои теоретические заключения на экспериментально исследованной системе аллиловое гор-

чичное масло-анилин-нафталин (совместно с С. В. Липиным, 1925).

Работы Н. И. Степанова, которые Н. С. Курнаков называл замечательными, открывают путь к теоретическому выводу диаграмм состав-свойство, устанавливают количественные соотношения между химическим взаимодействием и геометрическими преобразованиями в диаграмме и проливают свет на химическую природу концентрированных растворов. Однако закон действующих масс в его классической форме, являющийся отправной точкой выводов Н. И. Степанова, применим только к системам, подчиняющимся уравнению состояния идеальных газов. Поэтому следует ожидать, что в дальнейшем развитии этих работ будет использовано учение об активностях.

Проф. В. Я. Аносов предложил интересные выводы диаграмм двойных систем без применения закона действующих масс и подробно изучил влияние на вид кривых состав-свойство перехода от одной формы выражения концентраций к другой и от прямых свойств к обратным, причем показано, что при этих преобразованиях сингулярные точки всегда сохраняются.

Необходимо еще указать, что изучение диаграмм равновесия систем нейтрализационного типа, в которых чрезвычайно резко выступают особенности систем электролитного типа, привело Н. С. Курнакова и его сотрудников Т. А. Генке, В. И. Николаева и Б. А. Муромцева к обнаружению особого вида пространственных складок химических диаграмм, названных Н. С. Курнаковым синклинальным типом. Изотермические сечения этих складок характеризуются не только особой сингулярной точкой, но и двумя замечательными иррациональными точками — минимумами изотермической растворимости, которые с повышением температуры исчезают, и пространственная складка переходит в обыкновенный антиклинальный тип (Н. С. Курнаков и М. И. Равич).

Это обстоятельство заставило Н. С. Курнакова и М. И. Равича ввести понятие о новом геометрическом элементе химических диаграмм — иррациональном хребте или хребтовой линии, представляющей собою геометрическое место точек минимумов изотермической растворимости. Характер изотерм растворимости солей определяется расположением хребтовой линии относительно сингулярной секущей.

Вытекающая из хода хребтовой линии непрерывность перехода синклинальной пространственной складки в антиклинальную показала, что сингулярные элементы в диаграммах электролитного типа могут иметь не только явный, но и скрытый характер. А это

выявило необходимость пересмотра, с точки зрения наличия сингулярных элементов, вообще всех изученных систем электролитного типа.

Параллельно с развитием теории физико-химического анализа шли разработка методики и постепенное вовлечение новых методов в сферу физико-химического анализа и развитие экспериментальных работ по изучению равновесий в двойных, тройных и более сложных металлических, соляных и органических системах. Следует отметить разработку и широкое внедрение в практику физико-химического анализа методов: кривых нагревания (Н. С. Курнаков, Г. Г. Уразов, Е. Я. Роде, А. В. Николаев, Л. Г. Берг), электропроводности жидких органических систем (Н. С. Курнаков. Н. К. Воскресенская, М. А. Клочко), калориметрии (Н. К. Воскресенская), удельного веса, вязкости и электропроводности солей при высоких температурах (А. Г. Бергман), рентгеноструктурного анализа (Н. В. Агеев, В. Г. Кузнецов, Е. С. Макаров), тензиметрии (Н. С. Курнаков, Б. А. Муромцев, Е. Я. Роде, Т. В. Роде). кристаллооптики (Г. Б. Бокий), микрокиносъемки (Н. Н. Ефремов и Г. Б. Равич), давления истечения при высоких температурах (С. А. Погодин, С. И. Губкин) и др. Число экспериментально исследованных систем настолько велико, что мы можем лишь весьма бегло коснуться очень немногих из них.

В области металлических равновесий продолжалось изучение взаимных соединений металлов и твердых фаз переменного состава; при этом изучение степени упорядоченности расположения атомов в пространственной решетке в зависимости от состава дало еще один критерий определенного соединения (максимум упорядоченности, Н. В. Агеев и Д. Н. Шойхет).

Ряд работ был посвящен отысканию новых и более углубленному изучению уже известных бертоллидов в металлических сплавах (Н. С. Курнаков, Г. Г. Уразов, С. А. Погодин, А. Т. Григорьев, В. И. Михеева и др.).

Обширную группу работ представляют исследования превращений в системах, компоненты которых при высоких температурах образуют непрерывный ряд твердых растворов, претерпевающих при охлаждении превращения с образованием определенных соединений. Первый случай этого рода был открыт Н. С. Курнаковым, С. Ф. Жемчужным и М. Н. Заседателевым еще в 1914 г. в сплавах золота с медью. В дальнейшем, превращения подобного же типа были обнаружены в сплавах платины с медью (Н. С. Курна-

ков и В. А. Немилов), платины с хромом, марганцем, железом (В. А. Немилов и сотрудники), палладия с марганцем и с железом (А. Т. Григорьев), железа с хромом (Н. Н. Курнаков и Н. И. Коренев) и др. Особенно интересными оказались превращения твердых растворов в системах золото-марганец и платина-медь-железо (В. А. Немилов и А. А. Рудницкий).

Наряду с изучением твердых растворов на основе интерметаллических соединений, имеющем большой общетеоретический интерес, большое внимание уделялось и твердым растворам на основе чистых металлов, представляющим огромное практическое значение. Отметим большой цикл работ проф. С. А. Погодина с сотрудниками, которыми были детально изучены свойства и разработаны методы производства важнейших сплавов высокого электросопротивления — константана, манганина, нихрома, а также и сплавов высокой прочности для электрических проводов. Эти работы явились прямым продолжением начатых в разгар первой мировой войны под руководством Н. С. Курнакова и С. Ф. Жемчужного исследований свойств сплавов высокого электросопротивления.

Работы по электротехническим сплавам были продолжены И. И. Корниловым (1941), который с группой сотрудников изучил сплавы железа с алюминием и хромом и разработал способы производства высокоомных и жароупорных сплавов на основе этой тройной системы, уже получивших промышленное применение.

В непосредственной связи с работами по сплавам высокого электрического сопротивления находится исследование сплавов меди с марганцем (С. Ф. Жемчужный и В. К. Петрашевич, 1917), составляющих основу сплавов типа манганина; при этом была впервые открыта пластичность сплавов марганца с небольшими добавками меди (около 3%). В последние годы пластичные сплавы на основе марганца, обладающие высокими механическими свойствами и сильно выраженной способностью поглощать колебания, вызывают к себе очень большой интерес и начинают получать промышленное значение.

Еще в начале 20-х гг., задолго до того, как в СССР было создано собственное производство алюминия и магния, по инициативе и под ближайшим руководством Н. С. Курнакова были предприняты обширные исследования сплавов на основе алюминия и магния. Эти работы, продолжающиеся и в настоящее время, дали большой экспериментальный материал, используемый нашей промышленностью.

Из исследованных систем многие, например алюминий-магний (Н. С. Курнаков и В. И. Михеева, 1937—1940), алюминий-медь-кремний (Г. Г. Уразов, С. А. Погодин, Г. М. Заморуев, 1929), алюминий-магний-кремний (Г. Г. Уразов и Т. И. Шушпанова, 1936; В. Г. Кузнецов и Е. С. Макаров, 1940), алюминий-магний-медь (Д. А. Петров, 1940; В. Г. Кузнецов и Л. Н. Гусева, 1940), алюминий-магний-цинк (В. И. Михеева, 1944), являются основой важнейших легких сплавов высокой прочности, применяемых в авиастроении. Другие исследованные системы, например, магний-литий и алюминий-литий (П. Я. Сальдау и Ф. И. Шамрай, 1935—1937), алюминий-цинк-литий (П. Я. Сальдау, Т. А. Бадаева и Ф. И. Шамрай, 1941), алюминий-магний-литий (Ф. И. Шамрай, 1945) интересны, как открывающие перспективы для получения новых легких и сверхлегких сплавов. На основе исследования системы алюминий-медь-сурьма предложены новые заменители оловянистых подшипниковых бронз и баббитов (С. А. Погодин и И. С. Шумова, 1941).

В связи с изысканиями подшипниковых, типографских и других сплавов на свинцовой основе Н. С. Курнаков и С. А. Погодин с сотрудниками исследовали двойные сплавы свинца с литием, натрием и магнием и показали существование в них областей, богатых свинцом твердых растворов переменной концентрации, что объяснило наблюдаемые в названных сплавах явления старения. Исследование системы свинец-натрий-литий (С. А. Погодин и Е. С. Шпичинецкий, 1938) позволило предложить некоторые сплавы для замены содержащего олово типографского металла.

Из работ по сплавам железа следует отметить исследование систем железо-углерод-фосфор (Н. С. Константинов, 1916—1919), железо-алюминий (Н. С. Курнаков, Г. Г. Уразов, А. Т. Григорьев, 1918), приведшее к открытию новой фазы бертоллидного типа, железо-хром (Н. Н. Курнаков и Н. И. Коренев, 1936), железо-хром-алюминий (И. И. Корнилов и сотрудники), железо-марганец-никель (А. Т. Григорьев и сотрудники), а также исследования Н. Н. Курнакова в области ферросплавов (1941) и систем хром-кремний и железо-хром-кремний (1941, 1942).

Исследования равновесий в системах металл-хлорид, металл-сульфид, хлорид-сульфид, ведущиеся Г. Г. Уразовым с сотрудниками, имеют целью дать научное обоснование процессов, протекающих при переработке руд цветных металлов (осадительная плавка, хлорирование) и прежде всего выяснить направление и последовательность происходящих здесь химических реакций, что

весьма важно для металлургии меди, цинка, свинца, олова и др. Эти системы представляют как бы переход от металлических равновесий к равновесиям в системах из расплавленных солей, составляющих предмет обширных исследований, которые А. Г. Бергман ведет (с 1920 г.) совместно с многочисленными сотрудниками. Работы в этой области дали громадный фактический материал по вопросу о взаимодействии расплавленных солей, послуживший основой как для интересных теоретических обобщений (А. Г. Бергман и Н. С. Домбровская, 1929), так и для важных практических приложений (соляные ванны для термической обработки, теплоносители, флюсы для пайки и сварки и др.).

Работы по физико-химическому анализу соляных систем были почти все связаны с использованием наших колоссальных соляных ресурсов или имели целью дать теоретическое обоснование технологических процессов и отыскание новых путей производства различных солей.

Следует особо упомянуть о чрезвычайно плодотворном применении физико-химического анализа к исследованию минералов и руд (Н. С. Курнаков, Г. Г. Уразов, Е. Я. Роде), позволившем раскрыть природу таких важных в промышленном отношении объектов, как железные и марганцевые руды, бокситы, огнеупорные глины и пр., а также и о многообещающем приложении его к аналитической химии (И. В. Тананаев).

Изучение фаз пермутитового типа, получающихся из растворов алюмината и силиката натрия, выявило существование фаз переменного состава на основе SiO_2, H_2O и неразлагаемого при обработке щелочами пермутитового ядра $Na_2Al_2Si_2O_8$ (Н. С. Курнаков, Л. Г. Берг и В. Н. Свешникова) — вывод интересный не только для промышленности, но и для общих вопросов геохимии. Самостоятельный теоретический интерес представляют детальные исследования, проведенные Н. С. Курнаковым с учениками (В. С. Егоров, Н. П. Лужная, Н. К. Воскресенская) твердых фаз в системах: $Me^{\cdot}Cl - Me^{\cdot\cdot}Cl_2 - H_2O$, где $Me^{\cdot} = NH_4^{\cdot}$, $Li^{\cdot}$, $Rb^{\cdot}$, $Cs^{\cdot}$, а $Me^{\cdot\cdot} = Mg^{\cdot\cdot}$, $Ni^{\cdot\cdot}$, $Co^{\cdot\cdot}$, $Mn^{\cdot\cdot}$. Так в системах NH_4Cl-$CoCl_2$-H_2O, NH_4Cl-$NiCl_2$-H_2O и NH_4Cl-$MnCl_2$-H_2O было обнаружено с помощью рентгенограмм существование твердых растворов аномального типа, представляющих собою все переходы от настоящих твердых растворов к микродисперсным включениям одной твердой фазы в другую.

Из работ, ставивших себе непосредственные практические за-

дачи, но давшие весьма много для развития общей теории физико-химического анализа, отметим работы по изысканию новых видов концентрированных удобрений, по физико-химическому обоснованию получения нитрофоски (А. Г. Бергман с сотрудниками), по получению калийной селитры путем конверсии хлористым калием азотной кислоты (В. И. Николаев, А. Г. Коган), по промышленному использованию соликамских карналлитов (С. З. Макаров, В. И. Николаев, А. Г. Бергман, Б. Л. Ронкин и др.), по переработке уральских хромитов (С. З. Макаров и И. Г. Дружинин) и ряд других.

К интересным для практики результатам привели, стоящие несколько особняком, исследования А. В. Николаева, Л. Г. Берга и их сотрудников, посвященные вопросам придания водонепроницаемости грунтам и связанному с ними вопросу об условиях кристаллизации гидроокисей некоторых металлов.

Огромный цикл работ в области соляных равновесий был связан с изучением наших природных рассолов (озер) и с вопросом о происхождении и характере соляных отложений и лег в основу их практического использования. Эти работы были начаты еще задолго до революции, с изучения крымских озер (1896—1900) Н. С. Курнаковым. Выяснены условия кристаллизации глауберовой соли из вод залива Кара-Богаз-Гол (Н. С. Курнаков, С. Ф. Жемчужный, 1918), а также изучен химический состав рассолов и солей из буровых скважин Соликамского района и впервые обнаружены соли в Прикамье. В связи с этими исследованиями были открыты богатейшие калийные месторождения двух различных типов: Соликамского — хлоркалиево-магниевого (Н. С. Курнаков, Г. Г. Уразов, А. Г. Бергман, Н. Н. Ефремов и др.) и смешанного хлоркалиево-магниевого и сульфатного (кизерит, полигалит, каинит, глазерит) — района Волга — Эмбы или южной части Пермского моря (Н. С. Курнаков, И. Н. Лепешков, Д. И. Кузнецов и др.). Эти данные были использованы при создании у нас мощной калийной промышленности[1]. Калийные месторождения второго типа в районе озера Индер оказались связанными с довольно значительными и чрезвычайно интересными по богатству минеральных видов месторождениями боратов, что вызвало постановку специальных работ по боратным равновесиям (А. В. Ни-

[1] Крупнейшая заслуга в проведении детальных геологических исследований Верхне-камских калийных залежей в 1925—27 гг. принадлежит проф. П. И. Преображенскому.

колаев и А. Г. Челищева), содействовавших развитию нашей борной промышленности.

Большую работу в области изучения природных солевых ресурсов и их химической переработки провела Солевая лаборатория АН, которой на протяжении многих лет руководил проф. В. П. Ильинский; из этой лаборатории вырос Институт галургии, преобразованный в 1943 г. в Институт горнохимического сырья Наркомхимпрома.

Классическое исследование Н. С. Курнакова и С. Ф. Жемчужного водной взаимной системы $2NaCl + MgSO_4 \rightleftarrows Na_2SO_4 + MgCl_2$ пролило свет на химизм рассолов не только Кара-Богаза, но и многочисленных сульфатных озер Союза и указало пути их промышленного использования. Детальное изучение крымских озер (Н. С. Курнаков, С. Ф. Жемчужный, Б. Л. Ронкин, В. И. Николаев, М. И. Равич и др.) позволило выяснить процесс метаморфизации рассолов соляных озер, приложить понятие о коэфициенте метаморфизации к их рациональной классификации, а также установить широкое распространение в природных рассолах метастабильных равновесий солей (Н. С. Курнаков и В. И. Николаев).

Изучение соляных озер Западной Сибири, выявившее их сульфатный и содовый характер (С. З. Макаров, А. В. Николаев и др.), обусловило постановку работ по изучению этих озер как источников соды. Наконец, были изучены пути кристаллизации хлоркалиевых соляных озер (Н. С. Курнаков и И. Н. Лепешков), оказавшиеся отличными от путей кристаллизации обычных рассолов морского типа. Эти исследования имеют значение для выяснения генезиса соляных отложений и обоснования добычи брома, хлористого магния, сульфата натрия и других солей.

Наряду с изучением равновесий в металлических и соляных системах, после революции получили планомерное и широкое развитие также и работы в области равновесий в органических системах, проводившиеся под общим руководством академика Н. С. Курнакова и проф. Н. Н. Ефремова и ставившие своей основной целью нахождение систем, которые могли бы служить реальными примерами связи между различными типами диаграмм. Из наиболее интересных результатов, полученных при изучении органических систем, отметим нахождение среди них системы, в которой установлено образование химических соединений переменного состава (бертоллидов), ранее в органических системах не находившихся (Н. Н. Ефремов и А. Д. Виноградова). Изучению подверглось большое число систем, из которых особенно интересны системы с

высшими жирными кислотами (Н. Н. Ефремов, Г. Б. Равич и сотрудники) и некоторые другие, имеющие специальное значение.

Заканчивая на этом обзор работ ИОНХ по физико-химическому анализу, переходим к краткому рассмотрению работ по химии и технологии металлов платиновой группы.

Направление работ ИОНХ в этой области предопределялось в основном той программой, которая была намечена проф. Л. А. Чугаевым при организации Платинового института, и развивалось по линии химии комплексных соединений платиновых металлов, изучения свойств чистых металлов, методов аффинажа металлов платиновой группы и методов их анализа. Стоя на основе теории А. Вернера, развивая и углубляя ее, Л. А. Чугаев, в самом начале рассматриваемого нами периода, обогатил химию комплексных соединений открытием нового, предусматривавшегося этой теорией, но недостававшего ряда аммиачных пентаминовых соединений платины. Открытие этих соединений совпало с началом большого цикла исследований по окислению соединений двухвалентной платины, начавшихся с работ Л. А. Чугаева и В. Г. Хлопина, Л. А. Чугаева и И. И. Черняева и получивших блестящее развитие в последние годы в работах А. А. Гринберга и его учеников.

Весьма существенным вкладом в химию комплексных соединений, позволившим объяснить ряд ранее находившихся различными учеными (С. Иергенсен, Пейроне, Н. С. Курнаков) эмпирических правильностей, наметившим генетическую связь между различными группами комплексных соединений и давшим возможность найти рациональные пути синтеза ряда новых соединений, явилось правило или закономерность, установленная в 1926 г. И. И. Черняевым на основе изучения нитросоединений двухвалентной платины. Эта закономерность, получившая наименование «трансвлияния», согласно которой во внутренней сфере комплексной молекулы наиболее лабильными, т. е. наиболее способными к реакциям замещения, являются атомы, молекулы или группы, находящиеся в трансположении к кислым заместителям, явилась в значительной степени той путеводной звездой, которая позволила И. И. Черняеву и его ученикам и сотрудникам разобраться в огромной массе экспериментального материала, получить большой ряд новых, ранее неизвестных, соединений, в том числе оптически деятельные соединения четырехвалентной платины. Закономерность эта была установлена эмпирически, и первый опыт ее теоретического истолкования был сделан лишь в 1935 г. А. А. Гринбергом и Б. В. Не-

красовым, независимо друг от друга, исходя из электростатических представлений. В самое последнее время А. Д. Гельман, на основании полученного ею экспериментального материала по трансвлиянию этиленовых углеводородов и ненасыщенных молекул, склонна объяснять трансвлияние усилением ковалентной связи и образованием двойной ковалентной связи между двумя атомами платины.

Более детальное изучение И. И. Черняевым оптически деятельных соединений четырехвалентной платины привело его к открытию явления аминоинверсии, заключающегося в том, что при потере иона водорода от внутрисферного аммиака или амина под влиянием щелочи всегда происходит перемена знака вращения, увеличение абсолютной величины вращения и появление аномальной дисперсии.

Значительное число работ члена-корреспондента АН А. А. Гринберга и его сотрудников было посвящено стереохимии двухвалентных платины и палладия. В этих работах было показано, что соли типа Пейроне и второго основания Рейзе действительно являются геометрическими изомерами, и окончательно обоснована плоскостная модель строения соединений двухвалентных платины и палладия. Весьма интересен цикл работ А. А. Гринберга и его сотрудников по кислотно-основным свойствам аммиакатов и аминатов, установивший, что эти соединения ведут себя как кислоты, отщепляя водородные ионы из внутренней сферы, причем образующиеся таким образом кислоты обладают весьма значительной силой. Эти исследования легли в основу общей теории кислотных и основных свойств комплексных соединений, развитой тем же автором.

Большой цикл исследований отдела платины ИОНХ посвящен окислению и восстановлению комплексных соединений платины и различным миграционным процессам, сопутствующим этому явлению. Сюда относятся работы И. И. Черняева и его сотрудников: В. И. Горемыкина и К. А. Гладышевской и особенно обширный цикл работ А. А. Гринберга с учениками, распространившим на комплексные соединения платины реакцию Вагнера окисления перманганатом. Детальное изучение окислительно-восстановительных потенциалов позволило А. А. Гринбергу установить окислительно-восстановительные ряды комплексных соединений, предложить ряд потенциометрических методов определения платины и иридия, установить зависимость окислительно-восста-

новительного потенциала от характера внутрисферных заместителей и изучить ряд случаев взаимодействия между соединениями одного и того же металла в разных степенях окисления, приводящих к образованию комплексных соединений второго порядка или молекулярных комплексных соединений. Первым представителем таких соединений явилось открытое в 1920 г. Л. И. Чугаевым и И. И. Черняевым соединение соли Александера с первым основанием Рейзе. В последнее время интересные соединения этого типа описаны А. М. Рубинштейном и В. И. Горемыкиным.

Из других металлов платиновой группы в отношении комплексообразования подробнее других были изучены родий и иридий. Химия родия и, отчасти, иридия, изучалась проф. В. В. Лебединским и его учениками, причем им были синтезированы все недостающие, но предусматривавшиеся теорией Вернера, ряды аммиачных соединений родия: моно-, ди-, три- и тетрамминовые. Ими же подробно изучены нитриты родия и иридия и соединения этих металлов с ацетонитрилом и тиомочевиной.

На основании своих исследований по комплексным соединениям родия и иридия В. В. Лебединским были разработаны оригинальные методы промышленного получения родия, по которым и работает в настоящее время наша платиновая промышленность. В самое последнее время В. В. Лебединский, наряду с комплексными соединениями родия и иридия, занялся изучением комплексных соединений рения, причем ему удалось впервые получить этилендиаминовые комплексы, в которых пятивалентный рений входит в состав катиона.

Ряд интересных соединений иридия был синтезирован и изучен Н. К. Пшеницыным, отчасти совместно с Е. С. Красиковым. Сюда относятся сульфато-иридиевая кислота и аква-соли. Далее им были исследованы соли типа Вильма, расшифрована их координационная формула и показано, что аналогичные соли дает иридий, такую же аналогию проявляют иридий и родий в своих аномальных соединениях с органическими аминами (Н. К. Пшеницын).

В ИОНХ получили также значительное развитие работы по исследованию физических свойств комплексных соединений и по применению физических методов к установлению строения и характеристике этих соединений. Наряду с изучением оптических свойств, применявшихся уже и ранее, получили развитие работы по рентгеновскому структурному анализу (Г. Б. Бокий), по

определению диэлектрической постоянной (М. М. Якшин), магнитной восприимчивости, термическому анализу и т. д.

Развитие химии платиновых металлов позволило за время, протекшее после Октябрьской Революции, создать мощную советскую промышленность платины и других платиновых металлов, работающую по оригинальным и весьма совершенным методам, в основу которых легли теоретические работы ИОНХ и которые были разработаны его сотрудниками. Советская платиновая промышленность, выросшая на работах ИОНХ (И. И. Черняев, В. В. Лебединский и др.), продолжает сохранять с институтом самую тесную связь, что позволяет ей непрерывно совершенствовать технологические приемы и методы контроля производства и непрерывно повышать выходы ценных металлов. Создание и развитие промышленности платины и ее спутников является одним из весьма крупных достижений русской химии.

Отделом платины уделялось много внимания геохимии платины и золота (С. Ф. Жемчужный, О. Е. Звягинцев), сплавам платиновых металлов (см. стр. 46) и методике анализа последних. Особенно много потрудился в этой области, являющейся одним из самых сложных разделов аналитической химии, покойный Б. Г. Карпов, бывший председателем аналитической комиссии, разработавшей ряд новых реакций и методов анализа, широко использованных, помимо самого института, также и в заводских лабораториях.

За четверть слишком века своего существования ИОНХ потерял своих основателей — незабвенных Н. С. Курнакова и Л. А. Чугаева, а также многих своих старейших сочленов, в том числе таких крупных деятелей, как С. Ф. Жемчужный, Н. И. Подкопаев, Б. Г. Карпов, Н. И. Степанов, Б. Н. Меншуткин, В. П. Радищев. В течение этого времени в институте выросли кадры исследователей, уже показавших свою способность продолжать и развивать то менделеевское направление в химии, виднейшими представителями которого были Н. С. Курнаков и Л. А. Чугаев. Это направление с честью выдержало самое суровое из испытаний — испытание временем, о чем беспристрастно свидетельствуют те высокие оценки, которых неоднократно удостаивались как в СССР, так и за границей Н. С. Курнаков и Л. А. Чугаев и их школы.

Так например, английский журнал «Nature» в 1941 г. охарактеризовал деятельность Н. С. Курнакова в следующих строках:

«Со смертью Н. С. Курнакова Россия потеряла пионера физи-

ко-химика, работа и влияние которого были велики на его родине и распространились далеко за ее пределы. Он основал одну из ведущих школ химиков-неоргаников в СССР. Работа Курнакова, производившаяся им с помощью многочисленных более молодых сотрудников, многие из которых в настоящее время существенно способствуют обороне и промышленному росту России, служит превосходным примером того, что развитие науки и прогресс техники тесно связаны и в значительной мере зависят друг от друга».

После смерти Л. А. Чугаева в журнале Английского химического общества был помещен некролог, в котором говорилось: «умер один из крупнейших членов международной химической семьи... Его потеря — одна из серьезных для химии вообще, а для русской химии она является злополучным роком, так как такие научные труженики, которые обладают энергией и талантом Чугаева, довольно редки во всякой стране».

В американском журнале «Chemical Reviews» за 1943 г. Р. Джилкрист относит Л. А. Чугаева и его учеников И. И. Черняева, Э. Х. Фрицмана, А. А. Гринберга и В. В. Лебединского — к ведущим исследователям в области химии платиновых металлов и отмечает, что наибольшее число (28%) научных работ в этой области за 25 лет является вкладом советских ученых.

13 ноября 1944 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР за выдающиеся заслуги в области развития советской химии и подготовки научных кадров, в связи с 25-летием основания Института общей и неорганической химии Академии Наук СССР, 29 научных сотрудников Института были награждены орденами и медалями.

Работы ИОНХ, при всем их огромном объеме, не охватывают всей области общей и неорганической химии. Поэтому необходимо хотя бы очень кратко упомянуть о работах академиков и членов-корреспондентов, как входящих, так и не входящих в состав ОХН, деятельность которых протекала или протекает вне стен ИОНХ, но лежит либо в области общей и неорганической химии, или же в близко соприкасающихся с ней разделах науки и техники.

Член-корреспондент АН СССР А. А. Яковкин (1860—1936) известен рядом ценных исследований в области неорганической химии и химической технологии (гидролиз хлора, переработка тихвинских бокситов, обезвоживание глауберовой соли и др.).

Почетный член АН Н. А. Морозов, пламенный борец за

свободу и счастье своей родины, принадлежит к тем ученым, чьи дарования безжалостно душило самодержавие. Однако оно не сломило сильную волю Н. А. Морозова и не угасило его духа. Проведя более четверти века в темницах Шлиссельбурга и других тюрьмах, Н. А. Морозов сумел не только накопить огромный запас знаний, но и создать ряд широких и смелых обобщений и гипотез, в частности и в области химии. В капитальном труде «Периодические системы строения вещества» он дал глубоко-оригинальную гипотезу возникновения химических элементов из трех непосредственных родоначальников: протогелия, протоводорода и архония, исходящую из идеи об эволюции вещества. Книга Н. А. Морозова «В поисках философского камня» содержит увлекательное, местами художественное изложение прошлого химии в связи с ее настоящим. Смелость и энергия Н. А. Морозова как ученого столь же велики, как стойкость и мужество Морозова-революционера.

Недавно скончавшийся академик В. И. Вернадский (1863—1945), глава крупнейшей школы советских минералогов, является виднейшим представителем генетической минералогии. Для него минералогия является не описательно-классификационной наукой, но наукой об образовании и жизни минералов в земной коре. Он первый ввел представление о природных изоморфных рядах и о характерных природных ассоциациях элементов и тем самым положил начало новой научной области — геохимии. Он первый обратил внимание на значение деятельности живых организмов для химии земной коры и создал новую отрасль геохимии — биогеохимию. Труды В. И. Вернадского по радиоактивным минералам и рудам, по рудам редких металлов, послужили основой для возникновения у нас промышленности радиоэлементов, редких и рассеянных металлов.

Академик А. Е. Ферсман (1883—1945), ученик В. И. Вернадского, также является крупнейшим геохимиком — главой современной школы геохимиков, автором ряда капитальных трудов в этой области. Выдающийся интерес представляют его работы по распределению элементов в земной коре в связи с их положением в периодической системе. А. Е. Ферсман проделал грандиозную работу по разведке и изучению минеральных богатств нашей родины; назовем здесь хотя бы только открытие и исследование Хибинских апатитов и Ферганских радиоактивных руд.

Столь же близко соприкасается и переплетается с химией деятельность наших академиков металлургов и технологов.

Академик А. А. Байков является виднейшим представителем физико-химического направления в металлургии. Ученик Д. П. Коновалова и Анри Ле Шателье, А. А. Байков своими лекциями в Петербургском, ныне Ленинградском, политехническом институте и своими исследовательскими работами (о природе медных штейнов, о теории пиритной плавки, о восстановлении и окислении металлов и др.) существенно способствовал превращению металлургии в науку, стоящую на прочной физико-химической основе.

А. А. Байков является также одним из пионеров металлографии в нашей стране. Его работы о сплавах меди с сурьмой, о строении стали при высоких температурах давно считаются классическими и вошли во все учебники металлографии. Большой известностью пользуются и работы А. А. Байкова по цементам, приведшие его к созданию теории твердения цементных растворов, удивительной по простоте и логичности, что впрочем составляет характерную черту всех трудов А. А. Байкова. В Политехническом институте А. А. Байков воспитал большую школу металлургов (член-корреспондент АН Б. В. Старк, академик Н. Т. Гудцов, профессора — Г. З. Нессельштраус, Л. С. Длугач, М. П. Славинский, Г. А. Кащенко и др.). А. А. Байков неизменно участвует в разрешении всех вопросов, связанных с развитием отечественной металлургии.

Одним из выдающихся русских металлургов является академик М. А. Павлов. Инженер с громадным практическим стажем, М. А. Павлов — крупнейший авторитет в области конструкции доменных печей и теории доменного процесса. Не впадая в преувеличение, можно смело сказать, что современная теория доменной плавки создана М. А. Павловым. Почти все виднейшие металлурги Союза являются, прямо или косвенно, учениками М. А. Павлова. Все крупнейшие новые металлургические заводы построены при ближайшем участии М. А. Павлова и его учеников.

Академик И. П. Бардин, директор Института металлургии АН СССР и заместитель Наркома черной металлургии, является виднейшим металлургом-практиком Союза. Ему наша родина обязана осуществлением строительства и пуском в ход металлургических гигантов Сталинских пятилеток.

Академик Н. Т. Гудцов, ученик А. А. Байкова, пришел на профессорскую, а затем и на академическую кафедру из лаборатории Кировского завода, которой он заведывал в течение ряда

лет. Крупнейший авторитет по термической обработке стали и по ее специальным сортам, Н. Т. Гудцов известен и как автор выдающихся исследований сложных превращений стали, в частности — природы мартенсита.

Из членов-корреспондентов, работающих в области металлургии и металловедения, назовем здесь Г. В. Акимова, П. Ф. Антипина, А. А. Бочвара (металлургия легких металлов), М. М. Карнаухова (металлургия стали), Г. Г. Уразова и Д. М. Чижикова (металлургия цветных металлов), а также покойного П. П. Федотьева, труды которого существенно способствовали возникновению и развитию у нас электрохимических и электрометаллургических производств, в частности алюминия, магния и хлора.

Работы академика И. В. Гребенщикова и его школы, развивавшиеся, в основном, в руководимой им лаборатории Государственного оптического института и в ИОНХ, позволили создать химическую теорию шлифовки и полировки стекла и легли в основу развития советской оптической промышленности. И. В. Гребенщиковым развито и обосновано представление о стекле как об анионной решетке, передвижение катионов в которой происходит довольно свободно. Такое представление привело его к получению чрезвычайно интересных борных пористых стекол, которые при внешней полной однородности содержат до 25% пустого пространства. Им и под его руководством разработаны далее разнообразные сорта стекол специального назначения.

Необходимо напомнить и о работах покойного академика В. Е. Тищенко, с чьим именем связано создание замечательных сортов химически-стойкого стекла, высокие достоинства которого прекрасно знают все советские химики (см. также стр. 73), а также о выдающихся трудах члена-корреспондента Н. Н. Качалова, виднейшего специалиста по технологии оптического стекла и фарфора. Отметим здесь и работы действительного члена АН УССР, члена-корр. АН СССР П. П. Будникова, разностороннего и плодовитого исследователя в области огнеупорных материалов и гипса, сыгравшие большую роль в развитии нашей керамической промышленности и производстве строительных материалов.

Экпериментальная работа академика Э. В. Брицке с рядом учеников и сотрудников протекала, в основном, в научно-исследовательском Институте по удобрениям и в Институте минерального сырья, в создании и руководстве которыми он принимал самое активное участие. Им был разработан ряд новых способов полу-

чения фосфора и других соединений на основе, главным образом, термических процессов и реакций в газовой фазе, а также разработан способ комплексной переработки титаномагнетитов. Им, совместно с А. Ф. Капустинским, были проведены исследования равновесий сульфидов с водородом при высоких температурах. Далее, Э. В. Брицке впервые приложил и разработал метод получения фосфора путем возгонки в доменных печах, а также метод получения ряда фосфорных и сложных удобрений, мышьяковых инсектисидов и ряда других солей.

Член-корреспондент АН СССР А. Ф. Капустинский (работающий с 1941 г. в ИОНХ) предложил упрощенный метод вычисления энергии кристаллической решетки, исходя из состава вещества, величин ионных радиусов и валентности ионов, а также высказал второй принцип кристаллохимии, согласно которому энергия кристалла и зависящие от нее его свойства определяются количеством его структурных единиц, их размерами, их валентностями, а в ряде случаев их поляризационными свойствами. Этот принцип нашел применение в геохимии. А. Ф. Капустинским установлена интересная зависимость между величиной ионных радиусов и тепловыми свойствами ионов в растворе.

В области химии металлов, являющейся основой теории металлургических процессов, А. Ф. Капустинский и его ученики опубликовали большое число работ по химии окислов, гидридов, сульфидов и карбонатов металлов, их свободным энергиям, теплотам образования и энтропиям. Отметим здесь работу по гидриду и дейтериду лития, позволившую впервые установить зависимость энергии кристалла от его изотопного состава.

Из обширных исследований члена-корреспондента АН СССР И. А. Казарновского, протекавших в основном в Физико-химическом институте им. Карпова, укажем на работы по физико-химическим свойствам гидридов металлов, позволившие дать числовую характеристику сродства водорода к электронам и имевшие существенное значение для выяснения структуры и классификации водородистых металлов. В последнее время им был проведен большой цикл работ по перекисям, в которых он использовал современные физико-химические методы для выяснения структуры перекиси водорода и перекисей металлов и, в частности, доказал, что четырехокись калия имеет состав двуокиси и состоит из положительного иона калия и молекулярного иона кислорода.

Член-корреспондент АН СССР, действительный член АН УССР

А. И. Бродский, известный своими исследованиями в области термодинамики и электрохимии растворов, одним из первых в СССР занимался химией дейтерия. А. И. Бродский, первый в Союзе, наладил получение тяжелой воды и совместно с сотрудниками сделал ряд интересных работ по изучению обмена водорода на дейтерий во многих неорганических и органических соединениях. Им с сотрудниками разработан интерферометрический метод количественного определения дейтерия и начаты исследования по тяжелым изотопам кислорода и азота.

Многочисленные работы члена-корреспондента АН СССР С. И. Вольфковича и его учеников, проводившиеся, в основном, в научно-исследовательском институте по удобрениям и в высшей школе, касались неорганической химии и химической технологии, главным образом, соединений фосфора, фтора, бора, калия, азота и редких земель. Им изучен и освоен электротермический метод получения фосфора из отечественных фосфоритов. Под его руководством разработаны и освоены методы комплексной переработки хибинских апатитовых руд на фосфорные удобрения, фтористые соли и редкие земли. Им предложены способы получения концентрированных и сложных удобрений из отечественных фосфатов и соликамских калийных солей, способы переработки советских борных руд и ряд других. Кроме того, С. И. Вольфковичем и его учениками были проведены обширные физико-химические исследования основ ряда технологических процессов (термодинамические, кинетические и др.); исследован процесс комплексного получения соды и сульфата аммония из сульфата натрия путем взаимодействия с аммиаком и углекислотой (А. П. Белопольским и др.); ряд процессов, протекающих в газовых и гетерогенных системах; изучены пути использования сернистого газа — отхода цветной металлургии, исследованы физико-химические свойства нитрата и фосфатов аммония и ряда других солей.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Советская органическая химия имеет славные традиции и занимает почетное место в мировой науке.

Работа по органической химии в Академии Наук сосредоточена почти исключительно в Институте органической химии (ИОХ) и отчасти в Институте горючих ископаемых (ИГИ). Институт органической химии возник как самостоятельный институт

в системе Академии только в 1934 г. с переездом последней в Москву. В ИОХ были объединены представители большинства направлений органической химии в СССР, но в основном здесь получили развитие две химические школы — школа академика Н. Д. Зелинского и школа академика А. Е. Фаворского и их учеников. Обе школы существовали и до 1917 г., но расцвет их относится ко времени уже после Великой Октябрьской революции.

Обе основные русские школы органической химии за 28 лет Советской власти получили блестящее развитие как в направлении теоретических исследований, так и в смысле внедрения их работ в практику.

Академик Н. Д. Зелинский (род. в 1861 г.) — один из наиболее крупных представителей органической химии конца XIX и первой половины XX века. Его магистерская диссертация (1889) озаглавлена: «К вопросу об изомерии в тиофеновом ряду». В докторской диссертации — «Исследование явлений стереоизомерии в рядах предельных углеродистых соединений» (1891) — изучены преимущественно двуосновные жирные кислоты. Н. Д. Зелинский явился проводником взглядов молодой еще тогда стереохимии, не только утверждавшей реальность существования атомов (в противоположность идеям так называемых энергетиков), но и экспериментально изучавшей их расположение в пространстве. Своими, ставшими классическими, экспериментальными исследованиями Н. Д. Зелинский не мало способствовал укреплению стереохимических представлений. С 1893 г. Н. Д. Зелинский является профессором Московского университета (кроме периода 1911—1917 гг., когда он покинул Университет вместе с группой профессоров, протестуя против политики царского министра Кассо); с 1929 г. Н. Д. Зелинский — академик.

Исследования Н. Д. Зелинского [12] многочисленны и разнообразны. Им даны новые методы органического синтеза и получено много новых соединений, в особенности углеводородов циклического строения, интересных тем, что они представляют собой класс, переходный от жирного ряда к ароматическому. Им впервые синтезирован в чистом виде циклогексан и описаны его свойства. Синтез углеводородов производился Н. Д. Зелинским с целью получения эталонов, с которыми можно было бы сравнивать свойства отдельных фракций кавказской нефти и, таким образом, изучить ее природу. Н. Д. Зелинский показал, что кавказская нефть в значительной степени состоит из углеводородов с пятичленными циклами, и дал метод определения в ней шестичленных

циклов. Н. Д. Зелинский открыл много новых превращений, позволивших исследовать и использовать углеводороды нефти. Сюда относятся кетонизация алициклических углеводородов под действием хлорангидридов кислот, превращение этих углеводородов в алкоголи и нафтеновые кислоты, ароматизация нефти и получение из нее толуола — пиролизом и, позднее, каталитической дегидрогенизацией, бензинизация нефти под действием хлористого алюминия (такой бензин применялся в советской авиации в период гражданской войны), обессеривание высокосернистых нефтей новых месторождений и сланцевых смол, составляющих более половины ресурсов жидкого топлива в СССР. Н. Д. Зелинскому удалось пролить новый свет на генезис нефти, получив искусственную нефть из веществ растительного и животного происхождения под влиянием катализаторов. Почти все эти успехи в химии нефти были достигнуты благодаря применению органического катализа — области, разработке которой Н. Д. Зелинский посвятил много сил и одним из основоположников которой он является. Как и в своих работах по стереохимии, Н. Д. Зелинский в катализе интересуется изменением формы молекул. Из открытых им каталитических реакций главными являются следующие: избирательная дегидрогенизация шестичленных циклов в ароматические над платиной, палладием и особым никелевым катализатором в определенных условиях (при этом не шестичленные циклические углеводороды не дегидрируются); необратимый катализ, состоящий в перераспределении водорода в не сполна гидрированных ароматических углеводородах, в частности, в терпенах; превращение шестичленных циклов в пятичленные, например, циклогексена в метилциклопентен над кремнеземом, и обратно — пятичленных в шестичленные при более низкой температуре под влиянием хлористого алюминия, откуда их можно перевести в ароматику; раскрытие циклов и их замыкание; миграция двойных связей и др. Эти, найденные Н. Д. Зелинским, взаимные превращения представителей различных классов углеводородов, обладающих разными скелетами, подчас казавшихся весьма неподвижными и мало способными к взаимным превращениям, теперь составляют основное содержание области химии углеводородов. Работы Н. Д. Зелинского и его сотрудников по разработке способов получения синтетического бензина из водяного газа, получение хлоропрена из ацетилена, исследование нефтей различных месторождений представляют большой практический интерес. Регенерация катализаторов посредством выжигания углистой пленки воз-

духом, впервые примененная и изученная Н. Д. Зелинским, нашла сейчас всеобщее применение в технике (le procédé de Zélinsky французских авторов).

В области химии белка Н. Д. Зелинским получены результаты фундаментального значения. Им дан новый метод синтеза аминокислот и их эфиров, а также оксиаминокислот; открыт каталитический гидролиз белковых веществ, позволяющий растворять даже целые организмы; им впервые получены указания на циклическую структуру белковых молекул (Н. Д. Зелинский, В. С. Садиков, Н. И. Гаврилов).

Н. Д. Зелинский всегда уделял большое внимание вопросам физической химии. Особенно значительны его работы в области адсорбции; открытый Н. Д. Зелинским активированный уголь получил широкую мировую известность; предложенный Н. Д. Зелинским на его основе противогаз спас десятки, а может быть и сотни тысяч жизней, в прошлую мировую войну; активированный уголь Н. Д. Зелинского служит основой всех современных противогазов. Н. Д. Зелинский был пионером в исследовании электропроводности неводных растворов, изучал кинетику каталитических реакций. Из работ, ведущихся в настоящее время в ИОХ, следует особо отметить работы по химии сверхвысоких давлений (Н. Д. Зелинский и Л. Ф. Верещагин).

Н. Д. Зелинским создана одна из наиболее обширных в СССР школ, к ней принадлежат: Л. А. Чугаев, С. С. Наметкин, А. Н. Несмеянов, С. Г. Крапивин, Н. А. Шилов, С. Н. Наумов, В. В. Челинцев, Б. А. Казанский, А. А. Баландин, Ю. К. Юрьев, К. А. Кочешков, М. И. Ушаков, Р. Я. Левина, Н. И. Шуйкин, М. Б. Турова-Поляк и др.

О работах Л. А. Чугаева и его школы было сказано выше при обзоре деятельности ИОНХ (см. стр. 51).

Академик С. С. Наметкин — один из крупнейших органиков Союза, известен своими исследованиями по прямому нитрованию парафинов. Далее, работая в области терпенов и, в особенности, в области химии камфоры, С. С. Наметкин открыл особую, так называемую наметкинскую камфорную перегруппировку и наблюдал переход изоборнеола в камфору и обратно. Эти его работы связаны со стереохимией. Недавно им открыта реакция гидрополимеризации олефинов под действием серной кислоты. Особенно следует отметить заслуги С. С. Наметкина в области химии нефти. Его руководство «Химия нефти» пользуется заслуженной известностью. С. С. Наметкин своей деятельностью много способство-

вал развитию нефтяной промышленности в нашем Союзе. Деятельность Института горючих ископаемых, директором которого он состоит с 1940 г. (после смерти академика И. М. Губкина), освещается в очерке по истории технических наук АН *.

Подобно тому, как Л. А. Чугаев, являясь учеником Н. Д. Зелинского, создал самостоятельное направление в области комплексных соединений, так и академик А. Н. Несмеянов создал совершенно самостоятельное направление в химии металлоорганических соединений, стоящее особняком от остальных работ школы Н. Д. Зелинского. Ему принадлежит у нас в Союзе ведущая роль в этой новой области. Он дал методы синтеза фундаментального значения. Открытый им диазометод синтеза металлоорганических соединений оказался универсальным средством, позволяющим получать также, кроме ртутноорганических соединений, органические производные сурьмы, олова, свинца, висмута и мышьяка. Им и проф. К. А. Кочешковым, исходя из ртутноорганических соединений, получены и изучены ранее почти неизвестные ароматические соединения олова, цинка, алюминия (Н. Н. Новикова) и других металлов. Ими получены, пользуясь новым методом, карбонилы хрома, вольфрама и др.

Для А. Н. Несмеянова характерно умение создавать новые пути, соединяющие между собой самые, казалось бы, отдаленные группы химических соединений.

Метод двойных диазониевых солей открыл новый путь, который был использован рядом американских, английских и немецких авторов для получения новых соединений. В последние годы А. Н. Несмеянов и его школа (Л. Г. Макарова и др.) развивает новое, обобщенное представление о группе методов «ониевого» синтеза, т. е. синтеза элементов органических соединений через ониевые соединения. Зарубежными исследователями было выяснено, что реакции А. Н. Несмеянова протекают через свободные радикалы.

А. Н. Несмеянов и К. А. Кочешков широко исследовали и осуществили обмен металлов в металлоорганических соединениях и применили эти реакции в синтетических целях.

Особенно большой теоретический интерес представляют результаты изучения веществ типа продуктов присоединения галогенидов металлов к олефинам и ацетилену (А. Н. Несмеянов. Р. Х. Фрейдлина), обладающих как свойствами металлоорганиче-

* Из химических работ следует отметить работы проф. К. П. Лавровского, проф. А. В. Лозового и проф. А. В. Фроста (см. ниже).

ских соединений, так и свойствами комплексных солей. Глубокое изучение этих соединений и привлечение к изучению этих соединений раман-спектроскопического метода и определения дипольных моментов позволили А. Н. Несмеянову установить наличие резонанса этих двух форм; эти теоретические представления развиваются А. Н. Несмеяновым в концепцию общего значения, проливающую свет на многие другие факты органической химии. Интересно сделанное только что открытие стереоизомерии в ряду этих соединений (А. Е. Борисов).

Наряду с этими теоретическими исследованиями А. Н. Несмеянов сделал много для новой, ныне такой мощной металлоорганической химической промышленности, вырабатывающей антидетонаторы для моторного топлива, а также для некоторых других отраслей химической промышленности. Ряд относящихся сюда исследований крупного значения выполнил в лаборатории А. Н. Несмеянова доктор М. И. Кабачник с сотрудниками.

С 1939 г. А. Н. Несмеянов состоит директором Института органической химии АН СССР.

Член-корреспондент АН СССР, профессор Московского университета, Б. А. Казанский — ученик Н. Д. Зелинского, выполнил исследования по контактному превращению ацетилена в ароматические углеводороды над активированным углем (Н. Д. Зелинский, Б. А. Казанский, 1924) и участвовал в работе Н. Д. Зелинского по бензинизации нефти (см. выше). Б. А. Казанским проведены крупные исследования по химии углеводородов. Выполненные им совместно с Н. Д. Зелинским работы по ароматизации нефтяных фракций, по исследованию различных нефтей завершаются нахождением изящной реакции раскрытия пятичленных циклов в условиях гидрогенизационного катализа над платиной (Н. Д. Зелинский, Б. А. Казанский и А. Ф. Платэ, 1935), вызвавшей целый ряд работ других исследователей. Особенное же значение имеет открытая Б. А. Казанским замечательная каталитическая реакция циклизации парафинов над тем же платиновым катализатором, позволяющая получать ароматические углеводороды из парафинов и олефинов (Б. А. Казанский и А. Ф. Платэ, 1936). Эта реакция создала новый, прямой мост между жирным и ароматическими рядами и открыла новый путь получения ароматики из нефти. Одновременно эту же реакцию, но над хромовыми катализаторами, открыл другой советский ученый — Б. Л. Молдавский с сотрудниками — в Государственном институте высоких давлений. С помощью реакции ароматизации парафиновых углеводо-

родов нефти ныне готовятся весьма большие количества ароматических углеводородов. Из остальных работ Б. А. Казанского следует отметить его работы по каталитической гидрогенизации арилэтиленов и фульвенов, а также работы по синтину (Б. А. Казанский, Я. Т. Эйдус и др.). В его лаборатории в ИОХ разрабатываются физические методы исследования углеводородов — совместно с чл.-корр. Г. С. Ландсбергом произведено систематическое исследование спектров комбинационного рассеяния большого ряда углеводородов, а также разработаны методы точной разгонки.

Член-корреспондент АН СССР А. А. Баландин, профессор Московского университета, ученик Н. Д. Зелинского, работает в области органического катализа. Ряд работ А. А. Баландина касается выдвинутой им (1929) мультиплетной теории катализа и ее экспериментального развития в направлении 1) построения стереохимических моделей реакционных комплексов разных реакций с вытекающим отсюда соответствием структуры катализаторов и молекул, 2) теоретических расчетов, основанных на энергиях связей, предсказывающих направление реакции, и 3) применения классификации, основанной на мультиплетной теории, для нахождения новых реакций. Эти конкретные выводы подтверждаются на большом новом и старом фактическом материале. Мультиплетная теория получила отклик в исследованиях и заграничных авторов и вошла во все новые монографии по катализу.

В связи с этой теорией А. А. Баландиным была найдена дегидрогенизация второго рода на примере дегидрогенизации циклогексана и циклопентана над окисью хрома, распространенная на превращение бутана в бутилен, бутилена в бутадиен, алкил- и полиалкилбензолов в стирол и его аналоги (А. А. Баландин, О. К. Богданова и др.). Эти работы позволяют получать из нефти и нефтяных газов синтетический каучук, пластмассы и высокооктановое топливо.

А. А. Баландиным была разработана методика кинетических исследований органических каталитических реакций в паровой фазе; пользуясь этой методикой, он и его сотрудники исследовали многочисленные реакции, главным образом дегидрогенизации углеводородов и спиртов (А. А. Баландин, А. М. Рубинштейн, А. Х. Борк и др.) и нашли новые факты и новые важные для катализа закономерности.

В 1944 г. им дана новая теория гидрогенизации. Исследовались близкие к катализу реакции — образование гидридов никеля

и (дендритное) отложение угля при разложении органических соединений на металлах. А. А. Баландиным и его сотрудниками был изучен ряд практически важных каталитических реакций и разработаны новые методы изучения катализаторов.

Из работ учеников и сотрудников А. А. Баландина в его лаборатории в ИОХ отметим следующие.

Проф. А. М. Рубинштейн в своих замечательных рентгенографических исследованиях нашел соответствие между активностью и дисперсностью катализаторов и между активностью и параметром их решетки, согласное с мультиплетной теорией.

Проф. Л. Х. Фрейдлин изучал специфичность действия катионов металлов при разложении органических солей (формиатов) в расплаве, аналогичную специфичности их действия в катализе; он открыл реакции элиминирования окиси углерода в кетонах под действием амида натрия — новый метод синтеза прежде трудно доступных углеводородов. В 1944 г., на основе обширного экспериментального исследования, дана теория гидролиза галоидарилов над катализаторами; работа важна для промышленного получения фенола (Л. Х. Фрейдлин, А. А. Баландин).

Проф. Я. Т. Эйдус изучал реакции в высокочастотных электрических разрядах. Было открыто образование в этих условиях бутадиена из этилена, хлоропрена (электропрена) из ацетилена и HCl и др. (Я. Т. Эйдус, А. А. Баландин, Н. Г. Залогин).

О. К. Богданова и А. П. Щеглова дали новый способ получения тиокола. В условиях военного времени было налажено производство этого важного для обороны вида синтетического каучука (1942).

Проф. Н. И. Шуйкин, заведующий лабораторией в ИОХ,— ученик Н. Д. Зелинского, разработавший совместно с ним технологический процесс дегидрогенизации бензина в ароматические углеводороды — бензол, толуол и ксилолы. Н. И. Шуйкин дал ряд работ в области гидрогенизации соединений фуранового ряда и каталитической дегидрогенизации нефтяных фракций различного происхождения.

Близки по тематике к школе академика Н. Д. Зелинского работы А. Д. Петрова и А. В. Фроста.

Проф. А. Д. Петров является заведующим лабораторией пирогенных процессов ИОХ; крупный специалист по моторному топливу и смазочным маслам. Он выпустил ряд монографий; последняя из них — «Пути развития органического синтеза» (1943). Он изучал получение вольтоля в электроразрядах. Им открыто

5*

изящное превращение ацетилена в изобутилен гидрогенизационной полимеризацией над никелем под давлением. Изобутилен, как известно, имеет большое значение для синтеза высокооктановых топлив и новых типов каучуков. В последние годы А. Д. Петров синтезирует и изучает высшие углеводороды (до C_{34}).

Проф. А. В. Фрост заведует лабораторией в Институте горючих ископаемых и занимает кафедру физической химии в Московском университете. Один из первых в СССР он стал производить термодинамические расчеты равновесий органических реакций. А. В. Фростом экспериментально определены изменения свободной энергии в ряде превращений циклических углеводородов. Им изучался пиролиз индивидуальных углеводородов, причем найдены новые закономерности. Ему принадлежит ряд ценных работ в области органического катализа, в особенности, по предложенным им активным алюмосиликатным катализаторам. Над этими катализаторами им изучены: каталитический крекинг, обессеривание нефтяных фракций и образование искусственной нефти из кислородсодержащих соединений, развивающее работы Н. Д. Зелинского в области генезиса нефти. А. Д. Фростом предложена интересная концепция о постепенно усиливающейся деформации молекул на алюмосиликатных катализаторах с повышением температуры. Интересны его работы по люминесценции катализаторов. Кроме того, им предприняты работы по моделированию контактных аппаратов.

Переходим к школе академика А. Е. Фаворского [35]. Академик А. Е. Фаворский (род. в 1860 г.) — один из крупнейших органиков нашего времени, профессор органической химии Ленинградского университета (1902—1930) и Технологического института (с 1899 г.), академик с 1929 г., свыше 40 лет редактор Журнала русского физико-химического общества и Журнала общей химии. А. Е. Фаворский является учеником знаменитого русского химика, творца теории строения, А. М. Бутлерова; он развивал далее идеи своего учителя. У А. Е. Фаворского формула строения вещества приобретает своеобразную динамику; он изучает внутримолекулярные перегруппировки, перестройки казавшегося столь устойчивого углеродного скелета. Объектами его исследования являются преимущественно углеводороды высокой степени непредельности — ацетиленовые, алленовые, диолефиновые. Актуальность этих исследований, начатых более 50 лет тому назад, выявилась особенно в последние годы; они перекликаются с современными работами американских и английских ученых,

уделяющих теперь столь большое внимание внутримолекулярным перегруппировкам. Что же касается промышленного применения высоко-непредельных соединений, особенно развившегося в последнее время, то достаточно напомнить о синтезах на основе ацетилена, о синтетическом каучуке и искусственных смолах из непредельных кислот.

Исследования А. Е. Фаворского по своей точности являются образцами органического эксперимента. Многие из них предпринимались с целью проследить какой-нибудь структурный вопрос и часто приводили к созданию новых методов синтеза и к получению новых соединений. Таких новых соединений А. Е. Фаворским и его школой было получено очень много, что, в частности, сильно способствовало росту ацетиленового древа.

А. Е. Фаворский начал свою научную деятельность с открытия и изучения ацетилен-аллен-диеновой перегруппировки (магистерская диссертация «К вопросу о механизме изомеризации в рядах непредельных углеводородов», 1891) под действием спиртовой щелочи, а также металлического натрия. Недавно (1934) эти перегруппировки были распространены на галоидопроизводные (А. Е. Фаворский, Т. А. Фаворская). Интересно, что изомеризация в ряду ацетиленов и диолефинов происходит и при каталитическом действии флоридина (С. В. Лебедев и Я. М. Слободин).

В связи с этими работами А. Е. Фаворским высказана теория натяжения, отличная от теории Байера; по А. Е. Фаворскому такое натяжение происходит вследствие стремления атомов углерода соединяться между собой и выделяться в виде угля. Эта теория во многих случаях позволила предвидеть и объяснить наблюдавшееся направление изомеризации и распада молекул.

При образовании олефинов дегидратацией спиртов часто происходит изомеризация; исследуя влияние природы радикалов на их миграцию при этой реакции, А. Е. Фаворский изучал также связь между геометрической изомерией и отщеплением галоидоводородов. В тесной связи с этим стоят его исследования по введению тройной связи в углеродное кольцо. А. Е. Фаворский сделал из этих опытов важные выводы стереохимического характера.

Докторская диссертация А. Е. Фаворского «Исследование изомерных превращений в рядах карбонильных соединений, охлоренных спиртов и галоидозамещенных окисей» (1895), в основном, посвящена сопровождаемому изомеризацией превращению дихлор-

кетонов в этиленовые кислоты под действием водного раствора поташа.

Изученные А. Е. Фаворским непредельные кислоты получили впоследствии большое применение для получения органического стекла (метакриловая кислота).

Закономерности в изменении скелета, наблюдаемые при этих реакциях, позволили А. Е. Фаворскому найти ряд новых реакций. В связи с этим очень интересно превращение циклических монохлоркетонов в циклические кислоты с изменением циклов на один углерод (например, переход хлорциклогексанона в циклопентанкарбоновую кислоту, А. Е. Фаворский и М. Ф. Божовский, 1918).

Большую группу работ А. Е. Фаворского составляют исследования по внутримолекулярному окислению — восстановлению. Сюда относится изомерное превращение кетоспиртов под влиянием серной кислоты с обменом местами кетонной и спиртовой групп (обобщенное кетоэнольное таутомерное превращение, при котором переходят два атома водорода). Та же реакция происходит и в условиях спиртового брожения, в связи с чем А. Е. Фаворским предложена новая теория спиртового брожения (1928). Далее были найдены также переходы одних кетонов в другие под действием хлористого цинка. А. Е. Фаворский занимался также оксониевыми соединениями. Следует отметить его синтез диоксана. Многие из реакций, наблюденных А. Е. Фаворским, должны быть отнесены к числу каталитических.

Чрезвычайно плодотворное развитие за последние 10 лет в несколько измененной форме получила открытая А. Е. Фаворским еще ранее реакция активации ацетилена твердым едким кали. Первая группа работ, основывающаяся на этой реакции, касается взаимодействия ацетилена с кетонами и приводит к образованию третичных ацетиленовых спиртов. На основе этой реакции перед войной был разработан промышленный способ получения изопрена и изопренового каучука. Вторая группа работ (А. Е. Фаворский и И. Н. Назаров) использовала ту же реакцию в приложении к винилацетилену, в СССР впервые синтезированному А. Л. Клебанским (ГИПХ) и академиком Н. Д. Зелинским (МГУ).

Ученик А. Е. Фаворского, проф. И. Н. Назаров, руководитель лаборатории в ИОХ, работавший по металл-кетилам жирного ряда и по дегидратации спиртов, развил далее работы по присоединению винилацетилена к кетонам; ему и его сотрудникам удалось синтезировать очень большое число новых соединений и изучить

переходы от винилацетиленовых к олефиновым и диолефиновым, предельным и ароматическим, а также кислородным и азотистым гетероциклическим системам, и, фактически, наряду с Ньюландом и Карозерсом в Америке, создать химию винилацетилена. Некоторые непредельные соединения винилацетиленового ряда в настоящее время производятся уже в заводском масштабе и легли в основу получения необыкновенно прочных клеющих масс и цементов, склеивающих в любых комбинациях стекло, пластмассы, древесину, металлы и минералы и нашедших уже сейчас широкое применение в оборонной промышленности и народном хозяйстве.

Активация ацетилена едким кали применена и для присоединения к нему спиртов, в результате чего образуются простые виниловые эфиры, легко гидролизующиеся и уплотняющиеся под воздействием катализаторов, как сами по себе, так и с другими способными к полимеризации веществами. При этом образуются полимеры с самыми разнообразными свойствами, многие из которых представляют большой практический интерес (А. Е. Фаворский, М. Ф. Шостаковский). В последние годы виниловые эфиры внедряются в промышленность. Недавно М. Ф. Шостаковский предложил оксониевую теорию их полимеризации.

А. Е. Фаворским и М. Ф. Шостаковским предложено получать через виниловые эфиры ацетальдегид; этот процесс тоже осваивается в промышленном масштабе.

Особенно блестящим представителем школы А. Е. Фаворского явился академик С. В. Лебедев (1874—1934).

С. В. Лебедев [19] широко известен как автор первого крупного промышленного метода синтеза каучука, который был осуществлен в Советском Союзе, впервые вставшим на путь создания крупной промышленности СК (из спирта). Успех в осуществлении этого синтеза был подготовлен предыдущими исследованиями С. В. Лебедева, которые были целеустремлены в сторону глубокого проникновения в природу непредельных молекул и их превращений. С. В. Лебедев работал в следующих областях: а) полимеризация (магистерская диссертация «Исследования в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов», 1913); б) каталитическое действие силикатов на непредельные соединения; в) каталитическая гидрогенизация; г) синтез каучука.

Им установлены общие закономерности в полимеризации непредельных углеводородов, в зависимости от их строения и внешних условий. Он нашел, что димеризация является не промежу-

точной стадией полимеризации, а параллельным процессом, преобладающим при повышении температуры. Им найдено, что 1,3-диолефины превращаются в шестичленные, а аллены — в четырехчленные циклы. Им изучена бутлеровская реакция димеризации изобутилена в диизобутилен, лежащая в основе современного промышленного синтеза высокооктанового моторного топлива; аналогичные реакции приводят к получению смазочных масел и новых органических материалов типа оппанола, вистанекса и т. п. Полимеризация дивинила — второй из основных процессов в промышленном синтезе каучука; первый процесс получения дивинила из спирта — тоже каталитический.

В кинетике каталитической гидрогенизации С. В. Лебедевым установлены важные правила, а именно, что скорость гидрирования замедляется с увеличением степени замещения этилена и что смеси этиленов разной степени замещения гидрируются ступенчато, а одной степени замещения — совместно. Эти исследования С. В. Лебедевым были далее распространены на последовательное гидрирование ацетиленов и диолефинов.

До революции условия не были благоприятны для работы С. В. Лебедева: он не был оставлен при университете и до 43 лет оставался ассистентом по качественному анализу. Лишь в 1917 г. он получил лабораторию в Военно-медицинской академии, с 1925 г.— в Ленинградском университете, а с 1930 г. развернулись работы на опытном заводе СК лит. Б, который по существу представляет собой научно-исследовательский институт.

Работа другого ученика А. Е. Фаворского, члена-корреспондента АН СССР С. Н. Данилова, так же как и С. В. Лебедева, протекала вне стен Академии. Из его исследований следует отметить блестящее развитие работ А. Е. Фаворского по перегруппировкам. С. Н. Данилов впервые наблюдал изомеризацию альдегидных форм в кетонные при дегидратации α-гликолей; эта реакция была подтверждена Тиффено и Ореховым (1926) и подробно изучена Э. Д. Венус-Даниловой на циклических альдегидах. С. Н. Данилов и Э. Д. Венус-Данилова изучили изомерные превращения оксиальдегидов в оксикетоны и одноосновные кислоты. Эти работы проливают свет на реакции взаимных переходов моноз друг в друга, например глюкозы в фруктозу при нагревании в пиридине и хинолине (1933). Эти же реакции объясняют сахариновые перегруппировки, подробно изученные С. Н. Даниловым. Им проведены исследования простых эфиров целлюлозы. Следует отметить работы

по оксиэтиловым и глицериновым эфирам целлюлозы (С. Н. Данилов, П. П. Шорыгин и др.). С. Н. Данилов является крупнейшим знатоком химии целлюлозы.

Учеником А. М. Бутлерова был академик В. Е. Тищенко [33]. Он был ассистентом Д. И. Менделеева. Первые его работы касаются отношения оксиметилена (конденсацией которого в присутствии извести Бутлеров перед тем получил сахара) к галоидоводородным кислотам, галоидам и цинкорганическим соединениям. Попутно интересно отметить, что исходный формальдегид готовился им окислением метилового спирта над платинированным асбестом по способу Каблукова (1882). В. Е. Тищенко известен работами по получению алкоголятов алюминия («О действии амальгамированного алюминия на алкоголи. Алкоголяты алюминия, их свойства и реакции», магистерская диссертация, 1899) и по конденсации альдегидов в сложные эфиры при действии алкоголятов (1906), получившей название реакции Тищенко. Студент А. Григорьев, от имени которого появилось известное первое сообщение о каталитическом дегидрирующем действии окиси алюминия на спирты, работал под руководством В. Е. Тищенко. В. Е. Тищенко принадлежит монография «Канифоль и скипидар»; он разработал рецепт русского химического стекла высокого качества, получаемого и теперь. Большое значение имеет работа В. Е. Тищенко и Г. А. Рудакова (1933) по синтезу камфоры из скипидара, в котором широко применены каталитические методы. Пинен над флоридином превращается в камфен; камфен с $HCOOH$ переводится в муравьиный эфир изоборнеола; эфир омылением переводится во вторичный спирт, каталитической дегидрогенизацией которого над медью получается камфора.

В числе учеников Бутлерова, оставивших крупный след в науке, был В. В. Марковников, профессор Московского университета (1838—1904), исследовавший природу нефти и развивший теорию строения в направлении выяснения взаимного влияния атомов, не связанных между собой непосредственно химической связью в молекуле. Его учеником был академик Н. Я. Демьянов [11], профессор Тимирязевской сельскохозяйственной академии в Москве.

Н. Я. Демьянов известен своими исследованиями «О действии азотистой кислоты на три-, тетра- и пентаметилендиамины и о метилтриметилене» (магистерская диссертация, 1895) и «О действии азотного ангидрида и азотноватой окиси на этиленовые

углеводороды» (докторская диссертация, 1899). Особенное значение имеют связанные с этими исследованиями работы по изомеризации циклов. Для изучения явления в чистом виде Н. Я. Демьянов остановился на превращениях простейших циклов. Некоторые из них им получены впервые, в том числе циклопропен, метилтриметилен и др. Изомеризации подвергались соединения, содержащие аминогруппу (при действии азотистой кислоты), а также гидроксильную группу (в частности при каталитическом действии окиси алюминия). Н. Я. Демьяновым найдено, что изменения циклов двусторонни: циклы могут увеличиваться или уменьшаться, при этом всегда непосредственно на один атом углерода; такая закономерность установлена для соединений, содержащих от 3 до 8 атомов углерода в цикле. Эта закономерность около 10 лет тому назад была распространена его учениками на расширение кислород- и азотсодержащих пятичленных гетероциклов в шестичленные (Н. И. Путохин, Н. В. Вильямс). Сам академик Н. Я. Демьянов не работал экспериментально в Академии; в ИОХ в течение ряда лет работал его ученик проф. В. В. Феофилактов.

В. В. Феофилактов разработал синтез α-аминокислот и пиразолонов на основе взаимодействия β-кетонокислотных эфиров с диазосоединениями.

Другим учеником В. В. Марковникова является почетный член АН Н. М. Кижнер [14], незадолго до своей смерти (1935) получивший лабораторию в ИОХ. В Московском университете им выполнены работы: «Амины и гидразины полиметиленового ряда, методы их образования и превращения» (магистерская диссертация, 1895) и «О действии окиси серебра и гидроксиламина на бромамины. О строении гексагидробензола» (докторская диссертация, 1900). Бóльшая часть деятельности Н. М. Кижнера проходила в Томском технологическом институте. С 1918 г. он был научным руководителем научно-исследовательского института Анилтреста, где он много способствовал налаживанию нашей анилокрасочной промышленности. Наиболее важным результатом научной работы Н. М. Кижнера является открытие им каталитического разложения алкилиденгидразинов, на котором основан превосходный метод перехода от кетонов к углеводородам. Применение этого метода к непредельным кетонам, в которых двойная связь находится в сопряженном положении к карбонильной группе, привело к синтезу пиразолиновых оснований. Их каталитическое разложение приводит к углеводородам — производным

циклопропана. Этот метод синтеза был использован Н. М. Кижнером для получения ряда углеводородов с трехчленным циклом и в том числе — бициклических.

Академик А. Е. Арбузов является одним из крупных представителей органической химии в СССР — профессором Казанского университета и Казанского химико-технологического института, достойным продолжателем традиций Казанской школы. Основными являются его работы в области фосфороорганических соединений, в том числе обе его диссертации: «О строении фосфористой кислоты и ее производных» (1906) и «О явлениях катализа в области некоторых органических производных фосфора» (1915). А. Е. Арбузов работал в области эфиров фосфористой и фосфорной, а в дальнейшем также пирофосфорной, пирофосфористой и субфосфорной кислот. Им была открыта так называемая арбузовская изомеризация типа

$$>P-O-R+R'Hal \rightarrow >P\begin{matrix}\diagup R' \\ \diagdown\!\!\diagdown O\end{matrix}+RHal$$

Вместо кислорода может стоять сера; реакция проходит через стадию присоединения R′ и Hal к фосфору в эфире $>POR$.

Исследования А. Е. Арбузова в области таутомерных превращений производных фосфористой кислоты вскрыли аналогию их с кетоэнольной таутомерией. А. Е. Арбузовым впервые получен класс фосфон-карбоновых кислот (1927). Предложенные им синтезы на основе натриевой соли эфира фосфористой кислоты и натриевого производного фосфон-уксусной кислоты (1934) находят естественную аналогию в синтезах на основе натрийацетоуксусного, и, соответственно, малонового эфиров. Исследования в области фосфорорганических соединений несколько неожиданным образом привели А. Е. Арбузова к замечательному новому методу синтеза свободных радикалов триарилметилового ряда.

А. Е. Арбузовым дан улучшенный каталитический метод синтеза замещенных индолов, проведены обширные исследования в области скипидара и живицы, а также по классической физической химии (термохимия гидролиза ацеталей кетонов и др.). А. Е. Арбузов разработал способ получения фурфурола и провел ряд других работ промышленного значения.

Член-корреспондент АН СССР Б. А. Арбузов, профессор Казанского университета, заведующий лабораторией ИОХ, принимал участие в работах своего отца А. Е. Арбузова по изучению эфиров

пирофосфорной и других фосфорных кислот и по синтезу свободных радикалов. Его докторская диссертация (1936) посвящена терпенам, их синтезу и катализу. Следует отметить полученные им важные результаты по алооцимену и по лево-пимаровой кислоте. Он провел интересные работы по конденсации, пользуясь реакциями типа Дильса — Альдера, работал по исследованию и утилизации побочных продуктов промышленного синтеза каучука, в последнее время Б. А. Арбузов работает в области высокомолекулярных соединений.

В области химии и технологии высокомолекулярных соединений работает также член-корреспондент АН СССР С. Н. Ушаков и его лаборатория в ИОХ. Особенно большой интерес представляет недавно проведенное им с сотрудниками каталитическое получение винилформиата и винилацетата, из которых получаются прозрачные пластмассы. С. Н. Ушаков является высококвалифицированным специалистом в области технологии пластмасс, в течение ряда лет возглавлявшим Институт пластических масс Наркомхимпрома.

Ряд интересных и важных исследований выполнен членом-корреспондентом АН СССР С. С. Медведевым, органиком нового типа, с физико-химическим уклоном, также работающим в области химии высокомолекулярных соединений. Он провел систематические исследования по механизму окисления углеводородов. Работы его и его сотрудников в Физико-химическом институте им. Карпова по исследованию полимеризации диолефинов при действии щелочных металлов подтвердили цепной механизм этих процессов и выяснили роль промежуточных натрийорганических соединений.

В последнее время С. С. Медведевым обнаружены свободные радикалы при полимеризации.

В области высокомолекулярных соединений работает в настоящее время также член-корреспондент АН СССР Н. И. Никитин, крупный специалист в области лесохимии и химии целлюлозы.

Член-корреспондент АН СССР Н. А. Прилежаев (1873—1944) известен открытой им реакцией между гидроперекисями кислот и непредельными соединениями.

Академик П. П. Шорыгин (1881—1939) с успехом работал в разнообразных областях органической химии. В области Na-органических соединений он открыл две очень важные реакции. Одной из них является получение Na-органических соединений

при помощи разрыва натрием простых эфиров. Это привело его к открытию карбинольной и фенольной перегруппировок ароматических эфиров (1926). Им было доказано, что натрийалкилы являются промежуточными соединениями в синтезе Вюрца. Другой реакцией является введение натрия в ароматическое ядро путем обмена между натрийалкилами и ароматическими углеводородами.

Эти работы П. П. Шорыгина привели к многочисленным исследованиям ряда иностранных ученых и, в частности, к выработке реакций металлирования.

В последние годы П. П. Шорыгин использовал растворы натрия в жидком аммиаке для превращения левоглюкозана в фенол и для расщепления молекулы лигнина.

В ИОХ получило развитие другое направление его работ, посвященное высокомолекулярным соединениям, в частности, целлюлозе, и связанное с развитием промышленности искусственного волокна. В этой области им изучены этерификация целлюлозы и простые и сложные ее эфиры, а в ИОХ, уже после его смерти, его ученицей О. П. Головой установлен интересный факт влияния следов кислорода на молекулярный вес целлюлозы в растворе реактива Швейцера, показавший, что величина молекулярного веса клетчатки составляет не менее 15 000 глюкозных остатков.

Лаборатория целлюлозы ИОХ (заведующий проф. П. А. Бобров) имеет ряд достижений большого практического значения, в том числе метод облагораживания сульфатной целлюлозы (В. И. Иванов, О. П. Голова и др.). Очень ценны работы по лигнину Н. Н. Шорыгиной.

Другой группой учеников П. П. Шорыгина был разработан метод получения полиамидных смол, пригодных для производства искусственной шерсти (В. В. Коршак, С. Р. Рафиков и др.).

Академик А. П. Орехов известен своими выдающимися исследованиями в области химии алкалоидов. Начиная с 1928 г. им и его сотрудниками по НИХФИ (Р. А. Коновалова, В. Ф. Проскурнина, Г. П. Меньшикова) было начато систематическое обследование алкалоидного состава тысячи видов растений СССР и открыто 65 новых алкалоидов. В состав некоторых из них входит неизвестное прежде ядро пиролизидина. Из растения Anabasis aphylla им выделен алкалоид анабазин, изомер никотина, производство которого уже налажено; он нашел применение как инсектисид и для производства антипеллагрического витамина — нико-

тиновой кислоты. Практически важен также сальсолин, производящий устойчивое понижение кровяного давления; строение сальсолина подтверждено синтезом. Смерть (1939) неожиданно прервала работу А. П. Орехова в его новой лаборатории в ИОХ.

Академик В. М. Родионов впервые наладил в СССР производство морфия и других алкалоидов — его спутников (В. М. Родионов, С. И. Каневская). Им найден оригинальный метод синтеза кодеина. При окислении наркотина им выделена опиановая кислота и изучены ее производные. В последнее время В. М. Родионов открыл новый способ получения β-аминокислот и детально изучил эту реакцию, применив ее для синтеза азотистых гетероциклических систем — пиридонов, тетрагидропиримидонов и др.

Более ранним циклом работ В. М. Родионова являются его исследования в области химии красителей и полупродуктов анилокрасочной промышленности. Им был произведен синтез светопрочных красителей, а также тиоиндиго.

Академик А. Е. Порай-Кошиц является крупным авторитетом в области химии красителей и крашения и главой школы в этой области. Анилокрасочная промышленность в СССР многим обязана его деятельности; его исследования лежат в основе осуществленных у нас производств. В дореволюционное время как участник студенческих волнений он вынужден был покинуть Россию и уехал в Швейцарию, став учеником известного специалиста по химии красителей Нецкого в Базеле. А. Е. Порай-Кошиц в своей известной работе о связи между окраской и строением развивает мысль о том, что цвет тем насыщеннее, чем молекула красителя более способна к таутомерным превращениям. При крашении, согласно А. Е. Порай-Кошицу, основную роль играет солеобразование между белковым веществом волокна и красителем.

А. Е. Порай-Кошицем получен ряд новых красителей, которые были внедрены в производство. Им был разработан спектрофотометрический способ определения красителя на волокне.

Почетный член АН М. А. Ильинский (1856—1941) также очень много сделал для развития советской анилокрасочной промышленности [13]. Главные его исследования лежат в области химии антрахинона. Им сделано открытие, что при каталитическом влиянии солей ртути избирательно изменяется направление реакции сульфирования антрахинона, так что вместо β-сульфоантрахинона получается α-изомер. Им предложен новый метод крашения суспензиями. Ализарин, служащий для крашения материи крас-

ный цвет, получается в СССР по способу М. А. Ильинского. В последнее время он с успехом занимался разделением высших фракций каменноугольной смолы (М. А. Ильинский, В. К. Матвеев).

Член-корреспондент АН СССР В. В. Челинцев является автором работ по химии пиррола, по замене эфира другими растворителями в магний-органических синтезах, по определению тепловых эффектов последних и по оксониевым соединениям. Им написана монография «Органические катализаторы». Ряд работ В. В. Челинцева посвящен исследованиям новых месторождений нефти.

Существующая в ИОХ специальная лаборатория гетероциклических соединений, руководимая проф. М. М. Кацнельсоном, проделала большую работу. Отметим здесь разработку новых синтезов за последние годы: фармацевтические препараты против нуталиоза лошадей (М. М. Кацнельсон, М. П. Герчук), против туляремии (М. П. Герчук); стимулятор дыхания — перацетин (Я. Л. Гольдфарб); бензедрин (К. С. Топчиев) и др. Необходимо также отметить синтез пилокарпина, впервые произведенный в ИОХ проф. Н. А. Преображенским, М. А. Щукиной и их сотрудниками.

Говоря о развитии органической химии в Академии Наук, необходимо отметить деятельность выдающихся исследователей, работающих в смежных областях науки.

Академик А. Н. Бах [6], академик-секретарь Отделения химических наук АН СССР, директор Биохимического института и Института физиологии растений АН, является главой школы советских биохимиков. А. Н. Бах является основателем и бессменным директором крупнейшего в Союзе Физико-химического института им. Карпова. В своих научных работах А. Н. Бах занимается узловыми проблемами науки. Изучая процесс ассимиляции зелеными частями растений, А. Н. Бах пришел к выводу, что ассимиляция есть сопряженный окислительно-восстановительный процесс, причем кислород выделяется из образующихся перекисей. А. Н. Бах выдвинул знаменитую перекисную теорию окисления (теория Баха — Энглера), согласно которой при окислительных процессах в молекуле кислорода разрывается только одна химическая связь, и кислород присоединяется к мо-

лекуле окисляемого вещества. Образовавшаяся перекись, обладая более высоким окислительным потенциалом, окисляет другую молекулу исходного вещества с образованием окиси. Эта теория нашла блестящее экспериментальное подтверждение и была без изменения своей сущности модернизирована в последние годы с учетом данных цепной теории. Теория А. Н. Баха была создана им в связи с важной проблемой изучения механизма окислительных дыхательных процессов. Им было найдено, что окисление здесь происходит при содействии особого катализатора,— фермента пероксидазы. Согласно А. Н. Баху окисление в процессе дыхания идет за счет гидроксила воды и является сопряженной окислительно-восстановительной реакцией, требующей акцепторов водорода и наличия окислительно-восстановительных ферментов. Окислительные ферменты вызывают окисление полифенолов кислородом воздуха, и образующиеся хиноны служат акцепторами водорода, после чего цикл замыкается, причем в заключительной фазе большую роль играют редуказы.

Особенно большое значение А. Н. Бах и руководимый им коллектив биохимиков придают изучению ферментов с точки зрения познания жизненных процессов, и отсюда — тесная связь биохимических исследований с биологией. Исследованию действия ферментов в живой клетке посвящены важные работы А. Н. Баха. Им выдвинута проблема управления действием ферментов. На этом пути им и руководимым им институтом достигнуты большие успехи применительно к автолитическим смесям — ферментирующему табаку, чаю, тесту и т. д., к созреванию, транспорту и хранению зерна, к хранению сахарной свеклы и других овощей и плодов, что имеет большое народнохозяйственное значение. В применении к живым растениям управление биохимическими процессами открывает возможности создания более высококачественного сырья и устойчивых сельскохозяйственных культур.

Биохимические работы А. Н. Баха и его учеников — члена-корреспондента АН СССР А. И. Опарина, проф. Д. М. Михлина и др.— последнего времени, касающиеся хлорогеновой кислоты, фермента Шардингера, растительной альдегидо-мутазы, пуриноксидазы, энзиматического синтеза лактозы из галактозы и глюкозы и других вопросов, будут освещены в очерке о развитии биологических наук.

Академик Д. Н. Прянишников [28], действительный член Академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, профессор Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, является

учеником и непосредственным продолжателем дела великого советского ученого К. А. Тимирязева, основателем и главой школы советских агрохимиков. Он работает в различных разделах агрономической химии и физиологии растений. Его работы по вопросам азотного питания и белкового обмена в растениях являются классическими. Он установил, что конечный продукт распада белков, аммиак, не накапливается в растениях, а переходит в амидную форму,— в аспаргин, глутамин и другие соединения, являющиеся, таким образом, продуктами вторичного синтеза. Особенно много сделал Д. Н. Прянишников для создания промышленности минеральных удобрений и внедрения их в сельское хозяйство Советского Союза. Работы Д. Н. Прянишникова имеют первостепенное значение для повышения урожайности.

Вместе с академиком Э. В. Брицке, проф. Я. В. Самойловым, членом-корреспондентом АН СССР С. И. Вольфковичем и проф. А. В. Казаковым Д. Н. Прянишников является организатором и руководителем крупнейшего Научно-исследовательского института по удобрениям и инсектофунгисидам, созданного вскоре после Октябрьской революции.

Здесь же мы должны упомянуть о замечательных работах в области химии почв академика К. К. Гедройца, разработавшего известное во всем мире учение о почвенном поглощающем комплексе.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Работы по физической химии сосредоточены главным образом в Коллоидо-электрохимическом институте и Институте химической физики. Кроме того, физико-химические исследования ведутся в Институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова (см. стр. 41), а также академиками и членами-корреспондентами, работа которых протекает вне стен академических институтов.

Основатель Коллоидо-электрохимического института академик В. А. Кистяковский принадлежит к числу старейших советских физико-химиков. Его научная деятельность началась в 90-х гг. прошлого столетия, на заре современной физической химии. Своими экспериментальными исследованиями по скорости реакций, по электропроводности водных растворов он существенно способствовал развитию воззрений Вант-Гоффа, Аррениуса и своего учителя Оствальда. Заняв в 1904 г. кафедру физической химии в Петербургском политехническом институте (одну из первых в

России), В. А. Кистяковский образцовой постановкой лекций и практических занятий обеспечил высокий уровень физико-химической подготовки будущих инженеров-металлургов, значение которой сознавалось тогда далеко не всеми. Читая там же курс теоретической электрохимии, В. А. Кистяковский написал превосходный, сохранивший значение и в наши дни, учебник по этому разделу физической химии (СПб., 1912—1916); в позднейшее время им опубликован курс «Прикладная физическая химия» (Л., 1926). Докторская диссертация В. А. Кистяковского «Электрохимические реакции и электродные потенциалы некоторых металлов» (СПб., 1910) содержит, в числе другого ценного материала, описание открытых им мотохимических и электро-мотохимических явлений и их объяснение с точки зрения фильмовой теории пассивности металлов, основы которой В. А. Кистяковский высказал уже в то время. Свое дальнейшее развитие и применение к процессам коррозии металлов фильмовая теория коррозии В. А. Кистяковского получила в последующие годы, особенно со времени избрания В. А. Кистяковского академиком (в 1929 г.) и организации им Лаборатории коллоидо-электрохимии (в 1929 г.), преобразованной затем (в 1934 г.) в Коллоидо-электрохимический институт. Академик В. А. Кистяковский был директором этих учреждений до 1939 г., когда его на этом посту сменил академик А. Н. Фрумкин.

Одним из основных направлений работ института являются исследования в области коррозии металлов.

В. А. Кистяковский разработал фильмовую теорию стекловидной (пористой при активировании) оксидной защитной пленки и применил ее к объяснению процессов коррозии металлов. Им и его сотрудниками уделено особое внимание коррозии металлов при полифазном контакте и вопросам зарождения и роли очагов коррозии. В. А. Кистяковским дана общая классификация явлений коррозии и разработана теоретическая интерпретация наиболее типичных и важных случаев коррозии при полифазном контакте.

Второе направление работ касалось изучения свойств поверхностных оксидных пленок, особенно электронографического, рентгенографического и физико-химического методов исследования (П. Д. Данков). Применение этих новейших методов позволило П. Д. Данкову установить структуру защитных оксидных пленок на железе, показать, что они состоят из окиси железа кубической формы (γ-Fe_2O_3), и развить представление о необходимости соот-

ветствия структур металла и пленки для того, чтобы последняя плотно держалась и обладала защитными свойствами. При высоких температурах защитные свойства пленки исчезают и образующая ее окись железа переходит в другую (ромбоэдрическую) модификацию (α-Fe_2O_3). Принцип соответствия структур при фазовых превращениях был прослежен также при образовании серебра в процессе зарождения и проявления фотографического изображения. Изучение кинетики образования оксидов показало, что защитные пленки возникают в результате «предельного» роста, специфичного для поверхности, который прекращается, когда толщина пленки оксида достигает пределов, приводящих к нормальным условиям диффузии в твердом теле, ничтожно малой при комнатной температуре (П. Д. Данков).

Основные работы по защите металлов от коррозии ведутся в настоящее время в КЭИН группой члена-корреспондента АН СССР Г. В. Акимова.

Работы Г. В. Акимова и Г. Б. Кларк над изменением электродных потенциалов металлов при зачистке дали наиболее прямые доказательства роли окисных пленок в процессах пассивации. Н. Д. Томашевым разработана теория коррозии металлов при воздушной деполяризации. В ряде работ Г. В. Акимов и Н. Д. Томашев развили теорию потенциалов многоэлектродных систем.

За последнее время весьма эффективно развивались работы Г. В. Акимова и его сотрудников в области простых и быстрых методов защиты от коррозии продуктов металлообрабатывающих заводов (усовершенствование метода фосфатирования, анодной оксидации и комбинированных лакокрасочных покрытий).

В КЭИН велся и ряд других работ по предохранению металлов от коррозии (член-корреспондент АН СССР Н. А. Изгарышев, И. В. Кротов и И. Д. Юдин, Э. С. Саркисов, а в последнее время Н. С. Горбунов). Н. А. Изгарышев и его сотрудники (Х. М. Равикович и П. Ф. Михалев) получили смешанные металлические антикоррозионные покрытия, обладающие свойствами соответствующих сплавов, прямо из растворов простых солей, содержащих коллоиды. Они также получали покрытия путем отложения на поверхности железа других металлов (в частности хрома) посредством вытеснения последних из паров их соединений (хлоридов).

Технология получения диффузионных хромовых покрытий бы-

6*

ла в последнее время значительно усовершенствована Н. С. Горбуновым и И. Д. Юдиным в лаборатории Г. В. Акимова.

Второе направление работ лаборатории члена-корр. АН СССР Н. А. Изгарышева касалось изучения закономерностей процесса электрокристаллизации металлов и роста кристаллов и их ориентации (К. М. Горбунова).

И. В. Кротов и И. Д. Юдин предложили кремнийорганические антикоррозионные покрытия, получаемые при нагревании металлов в парах тетраэтоксимоносилана. Таким путем приготовляются прозрачные, бесцветные покрытия, которые хорошо предохраняют железо и некоторые другие металлы от коррозии во влажной атмосфере и в растворах электролитов.

Деятельность академика А. Н. Фрумкина связана с КЭИН с 1939 г.; основная работа его и его школы до того времени протекала в Физико-химическом институте им. Карпова, научным руководителем которого он являлся в течение долгого времени, а также в МГУ. А. Н. Фрумкиным выполнены обширные исследования по электрокапиллярным и электрокинетическим явлениям и структуре двойного электрического слоя, по кинетике электродных процессов; разработана теория водородного перенапряжения и, наконец, в последние годы велись работы по теории коррозии, исходившие из современных электрохимических представлений, и по химическим источникам тока. Все эти работы развиваются в строгой последовательности: начиная с изучения адсорбционных явлений и строения поверхностного слоя, характеризующего равновесное состояние двух фаз: металл — раствор. А. Н. Фрумкин переходит затем к изучению кинетики электродных реакций и к выяснению механизма неравновесных процессов в этой области. Общей их задачей является: на основании представлений о строении поверхностного слоя и химической кинетики дать полную картину электрохимических явлений на поверхностях раздела.

В результате цикла работ академика А. Н. Фрумкина по электрокапиллярным явлениям им было показано, что потенциал нулевого заряда должен быть и действительно является различным для различных металлов и проблема «абсолютного потенциала» не имеет реального содержания. При этих исследованиях им и его учениками было показано, что измерение краевых углов пузырьков или капель (Б. Н. Кабанов, А. В. Городецкая и др.) может быть использовано для определения нулевых точек в тех

случаях, когда электрокапиллярные методы неприменимы, и был получен ряд других интересных результатов.

Второй цикл работ касался строения поверхностного слоя и определения скачка потенциала на границе газ — раствор, причем для измерения этого скачка А. Н. Фрумкин разработал, одновременно с Гюйо, метод радиоактивного зонда. Эти исследования показали, что между адсорбцией в поверхностном слое молекул из истинных растворов и образованием мономолекулярных пленок нерастворимых веществ существует непрерывный переход и что адсорбционные слои подчиняются уравнению состояния, аналогичному уравнению Ван-дер-Ваальса.

Ряд работ был посвящен определению емкости двойного слоя, причем с этой целью применялся как метод непосредственного заряжения двойного слоя (М. А. Проскурнин), так и метод измерения адсорбции (Р. Х. Бурштейн, Н. А. Бах). Экспериментально найденные значения в основном подтвердили правильность теории Гуи — Штерна, связывающей количественно заряд и потенциал двойного слоя с концентрацией и составом раствора. В частности, комбинация обоих методов определения емкости двойного слоя позволила сделать существенные выводы о строении двойного слоя на поверхности двух очень важных веществ — активированного угля и платины.

Большая группа работ А. Н. Фрумкина и его сотрудников была посвящена изучению адсорбции электролитов из растворов в зависимости от электродного поведения адсорбента. Особенно удачными объектами оказались платина и уголь, адсорбция электролитов на которых весьма сильно зависит от адсорбции электрохимически активных газов, в частности — водорода (Б. П. Брунс, Р. Х. Бурштейн, А. И. Шлыгин, Н. А. Бах, А. Д. Обручева). Исследования по адсорбции газов и связанные с ними работы по гетерогенному катализу дали ценные для теории гетерогенного катализа результаты (Бурштейн). С этими работами тесно связаны работы по изучению слоев адсорбированных атомов (А. И. Шлыгин, Б. В. Эршлер).

Следующий цикл работ по электрокинетическим явлениям показал, что в системах, в которых строение двойного слоя вполне определяется полным скачком потенциала на границе обеих фаз, коллоидо-химическое поведение может быть предсказано на основании знания полного скачка потенциалов (Н. А. Бах, Н. А. Балашова). В последние 6—8 лет академик А. Н. Фрумкин и его

ученики переходят к изучению кинетики и механизма электродных процессов и, прежде всего, к детальному исследованию явления водородного перенапряжения (С. Д. Левина, З. А. Иофа, Б. Н. Кабанов). Здесь академик А. Н. Фрумкин дает свою теорию этого явления, существенно отличающуюся от теории Фольмера тем, что он связывает скорость разряда иона водорода не с полным скачком потенциала, как это делает Фольмер, а с падением потенциала в гельмгольцевской части двойного слоя и с электрокинетическим потенциалом. Предложенная А. Н. Фрумкиным теория позволяет предвидеть и объяснить ряд явлений и их связь с перенапряжением.

В последнее время академиком А. Н. Фрумкиным и его сотрудниками были начаты как в Физико-химическом институте им. Л. Я. Карпова, так и особенно в КЭИН, работы по растворению и пассивированию металлов и теории коррозии (Кабанов, Эршлер, Колотыркин). Эти работы позволили дать количественную теорию локальных элементов (В. Г. Левич) при растворении металлов в кислотах и показать, что и при наличии химических неоднородностей в ряде практически важных случаев поверхность металла можно с достаточным приближением рассматривать как эквипотенциальную. Электрохимические работы привели В. Г. Левича к развитию общей теории диффузионной кинетики в растворах, что позволило выяснить природу диффузионного слоя Нернста.

Переходим к краткому изложению результатов работ двух других школ, представленных в КЭИН: школы члена-корреспондента АН СССР П. А. Ребиндера и школы проф. Б. В. Дерягина, посвященных физико-химии поверхностных явлений и свойств тонких полимолекулярных жидких пленок.

Работы П. А. Ребиндера и его школы ставили своей задачей исследование строения и особых свойств поверхностных слоев, их влияния на свойства дисперсных систем — суспензий, эмульсий, пен — и твердых тел (смачиваемость и механические свойства) в связи с проблемами использования поверхностных явлений для управления технологическими процессами и для улучшения свойств дисперсных и коллоидных материалов.

Первую большую группу работ П. А. Ребиндера и его школы (К. Ф. Жигач, Л. А. Шрейнер, Г. И. Логгинов и др.) составляют исследования влияния среды и адсорбционных слоев на деформацию и разрушение твердых тел. В основе этих работ лежит

сделанное П. А. Ребиндером открытие, что внешняя среда — жидкость и добавленные к ней поверхностно-активные (адсорбирующиеся) вещества значительно облегчают процессы деформации и разрушения твердых тел. Это явление было названо «адсорбционным понижением твердости» и получило практическое приложение для повышения скорости бурения в горнорудной и нефтяной промышленности и при геолого-разведочных работах, под действием понизителей твердости, добавляемых к промывочным жидкостям. Та же добавка поверхностно-активных веществ, если тело представляет собой рыхло-связанный агрегат отдельных частиц, влечет за собою явление пептизации, т. е. нарушение молекулярного сцепления между зернами без заметного механического воздействия и, наконец, при обработке металлов — к облегчению пластического течения в поверхностных слоях металла, которое и лежит в основе действия активных смазочно-охлаждающих жидкостей (Н. Н. Петрова). В области применения этих жидкостей работы Ребиндера и Петровой привели к ряду практически важных выводов.

В основе всех вышеуказанных воздействий поверхностно-активных веществ лежит явление адсорбции их из раствора на внутренних поверхностях развивающихся в твердом теле микротрещин. В последнее время П. А. Ребиндер и Е. К. Венстрем показали, что значительное воздействие (понижение твердости или предела текучести) у металлов наблюдается в результате появления двойного слоя на его поверхности при поляризации. В области максимума электрокапиллярной кривой, т. е. на незаряженных поверхностях, более всего сказывается влияние адсорбции нейтральных молекул, резко спадая на обоих ветвях кривой, вдали от максимума. Это привело к установлению нового прямого метода снятия электрокапиллярных кривых на твердых металлах.

Вторая группа работ этой лаборатории касалась своеобразных структурно-механических свойств адсорбционных слоев и их связи с устойчивостью дисперсных систем (А. Б. Таубман, А. А. Трапезников). Было показано, что эти свойства (поверхностная вязкость, упругость, прочность на разрыв, сопротивление пластическим деформациям) на жидких поверхностях раздела непрерывно возрастают по мере насыщения адсорбционного слоя и достигают предельного значения при полном насыщении мономолекулярного слоя. Механические свойства адсорбционного слоя значительно резче изменяются в зависимости от специфики образующих его

молекул — от природы полярной группы и длины углеводородной цепи — чем термодинамические (А. А. Трапезников).

Большая серия работ П. А. Ребиндера и его сотрудников была посвящена устойчивости суспензий и эмульсий и их стабилизации поверхностно-активными веществами. Им разработан метод стабилизирующего действия поверхностно-активных веществ и защитных коллоидов по времени жизни пленок, пузырьков и капель при соприкосновении друг с другом или плоской поверхностью раздела обеих фаз. Этот метод применен для исследования обращения фаз в эмульсиях.

Обширный цикл работ П. А. Ребиндера охватывает область теории смачивания и флотации. Им было показано, что молекулярная природа поверхности твердого тела, связанная с его внутренней структурой и характером действующих в нем молекулярных сил, может быть количественно охарактеризована путем измерения избирательного смачивания в системах: твердое тело — вода — жидкий углеводород. Исследование влияния адсорбционных слоев ориентированных молекул на смачивание позволило глубже проникнуть в явления флотации и получить многочисленный экспериментальный материал для построения теории этого процесса.

Исследования в области суспензий и эмульсий получили развитие благодаря разработке нового, весьма простого и изящного метода седиментационного анализа (Н. А. Фигуровский).

В области изучения свойств тонких пленок работал Б. В. Дерягин и его школа. Он показал с помощью весьма тонкой методики, что при толщинах пленок порядка 10^{-5} см в них развивается заметное равновесное давление, сопротивляющееся утоньшению слоя жидкости. Это давление было названо Дерягиным «расклинивающим действием» тонкого слоя жидкости, а зависимость его от толщины было предложено рассматривать в качестве основной характеристики тонкого слоя — изотермы его уравнения состояния, изучению которой и посвящены в значительной степени работы возглавляемой Б. В. Дерягиным в КЭИН лаборатории поверхностных сил (Б. В. Дерягин, М. М. Кусаков). Для объяснения расклинивающего действия тонких пленок были привлечены, в основном, силы двух родов: 1) силы ван-дер-Ваальса и 2) силы взаимодействия, развивающиеся при сближении двойных ионных

слоев, принадлежащих обоим граничным поверхностям пленки, теория которых была дана Дерягиным.

Расклинивающее действие было привлечено для объяснения ряда явлений: облегчения диспергирования, устойчивости суспензий, эмульсий и коллоидов, смазочного действия. Была развита теория прилипания и методы и приборы для количественной его оценки (Б. В. Дерягин и В. П. Лазарев).

Вторая серия работ была посвящена изучению механических свойств тонких слоев, в частности аномалии вязкости (Б. В. Дерягин, Е. Страховский и М. М. Самыгин), устойчивости смазывающей пленки и природы маслянистости смазывающих веществ.

Член-корреспондент АН СССР, действительный член АН УССР А. В. Думанский является старейшим представителем коллоидной химии в СССР, основателем и редактором «Журнала коллоидной химии». Ему принадлежит ряд выдающихся работ по изучению зависимости свойств дисперсных систем от степени дисперсности, процесса образования коллоидных частиц, связывания дисперсионной среды, особенно воды, коллоидом. Им разработаны методы определения дисперсности и пористости. А. В. Думанским и его школой дана общая методика изучения стойкости золей, основанная на применении треугольника Гиббса. Работы А. В. Думанского и его сотрудников тесно связаны с промышленностью (торфяной, пищевой, синтетического каучука и др.).

Покойный член-корреспондент А. И. Рабинович работал в области электрохимии и коллоидной химии. Им и его учениками проведены обширные исследования по устойчивости лиофобных коллоидов и связи между адсорбцией и коагуляцией. С середины 30-х годов его внимание привлекла специально коллоидная химия фотографического процесса. Им создана была адсорбционная теория проявления и велись исследования по кинетике этого процесса. Работы А. И. Рабиновича сыграли большую роль в развитии нашей фото-кинопромышленности.

В близкой к коллоидной химии физико-химии поверхностных слоев плодотворно работает член-корреспондент АН СССР Д. Л. Талмуд. Ему принадлежат интересные исследования «двухмерных» физико-химических процессов, протекающих на самой поверхности. Д. Л. Талмуд разработал оригинальный метод двухмерного капиллярного вискозиметра, получивший применение у нас и в США, исследовал своеобразие явления адсорбции на так называемых ориентированных адсорбентах и др. Работы

Д. Л. Талмуда имеют также значение для понимания процессов флотации.

Академик М. М. Дубинин, профессор Военной академии химической защиты, ученик Н. А. Шилова, физико-химик, специалист в области адсорбции. Его перу принадлежит известная монография «Физико-химические основы сорбционной техники». В его исследованиях были получены результаты большого теоретического значения. Так, им найдено, что при низкотемпературном окислении угля образуются окислы кислого характера. Им проведены многочисленные исследования адсорбционных свойств углей и развита теория адсорбции и капиллярной конденсации. М. М. Дубинин систематически изучал способы получения активированного угля, внося в них значительные усовершенствования. Как теоретическое, так и практическое значение имеют его работы по механизму действия химических поглотителей.

М. М. Дубинин является главой научной школы в области противохимической защиты. Им проведены большие работы, способствовавшие выработке методов испытания защитных средств, по получению активированного угля и по созданию средств химической защиты и оказана значительная помощь развитию нашей промышленности активированного угля.

Академик А. Н. Теренин известен своими работами в области фотохимии и механизма химических реакций. Еще в ранних работах, на примере фотодиссоциации иодистого натрия в парах, им был обнаружен новый вид разложения молекул светом. Это наблюдение послужило основой для метода исследования элементарных процессов. Кроме фотодиссоциации на атомы, им была исследована фотодиссоциация на ионы. Важный цикл работ А. Н. Теренина и его учеников касается фотохимических реакций ароматических соединений и передачи энергий в их молекулах. С 1932 г. А. Н. Теренин проводит систематические работы по исследованию состояния молекул в адсорбированном слое путем изучения смещения их спектра поглощения, имеющие большое принципиальное значение для теории катализа. Параллельно с этим А. Н. Терениным и его учениками проводились большие и углубленные исследования выцветания красителей и их спектров поглощения. Его перу принадлежит несколько ценных монографий по спектроскопии и фотохимии.

Член-корреспондент АН СССР Я. К. Сыркин работает в Институте им. Карпова и в Институте тонкой химической технологии,

а в последнее время принимает деятельное участие в работах ИОНХ.

Я. К. Сыркин является физико-химиком, специалистом по строению вещества и представителем наиболее современного направления в этой области в нашей стране. Его предыдущие работы касались химической кинетики и механизма гомогенных реакций. В течение ряда лет он со своими сотрудниками ведет работы по определению дипольных моментов и по раман-спектроскопии (В. Г. Васильев, М. В. Волькенштейн, Петр Павл. Шорыгин), которые были ими применены к большому числу соединений, преимущественно органических. Значительным направлением в работах Я. К. Сыркина являются квантово-механические расчеты химической связи и широкое использование представлений о резонансе. Им изучено с теоретической стороны строение нафталина, бороводородов и других соединений, определен удельный вес структур с различными типами связей (ионной, гомеополярной, переходной) для различных классов веществ, развита теория строения комплексных соединений (Я. К. Сыркин и М. Л. Дяткина).

Из физико-химиков, которые были связаны с Академией, следует отметить также почетного члена АН И. А. Каблукова, академика Л. В. Писаржевского и члена-корреспондента АН СССР А. В. Раковского, ныне покойных.

И. А. Каблуков был одним из первых поборников идей электролитической диссоциации в России. Он открыл в 1889 г. явление аномальной электропроводности, содействовал развитию электрохимии неводных растворов. И. А. Каблуков воспитал несколько поколений физико-химиков в Московском университете.

Л. В. Писаржевский известен своими исследованиями по перекисям и надкислотам; в последние годы жизни занимался применением электронной теории к химии.

А. В. Раковский провел ряд исследований в области адсорбции и химической термодинамики.

Институт химической физики является учреждением молодым как по времени основания, так и по направлению научно-исследовательской работы, которое в нем представлено.

Тематика Института химической физики, основанного и руководимого академиком Н. Н. Семеновым, посвящена почти исключительно вопросам химической кинетики. Основные положения в этой отрасли химии были сформулированы в 80-х гг. прошлого столетия классиками физической химии Я. Г. Вант-Гоффом и С. Арре-

ниусом. Затем в 90-х годах академик А. Н. Бах, Энглер и другие ввели новые представления о характере промежуточных продуктов в процессах окисления. Однако, после первых успехов, на протяжении последующих лет значительных сдвигов здесь не было заметно.

Между тем развитие химического синтеза и химической промышленности, широкое применение процессов горения в двигателях внутреннего сгорания и т. д. настойчиво требовали умения управлять ходом и скоростью процессов и знания тех промежуточных стадий, через которые они проходят на пути к своему конечному состоянию. Наряду с этими практическими предпосылками к 20-м гг. нашего столетия, благодаря успехам физики в области строения атомов и молекул, были созданы и теоретические предпосылки для быстрого развития химической кинетики. Работы в этом направлении становятся преобладающими среди исследований по физической химии. Одним из основных, руководящих центров в этой области является Институт химической физики АН СССР.

При цепной реакции за счет энергии процесса воссоздается активная частица, вновь вступающая в реакцию и т. д. Такая цепь продолжается, пока активная частица не исчезает в силу какого-нибудь побочного процесса. До 1927—1928 гг. представление о цепном механизме реакции прилагалось лишь к отдельным немногочисленным случаям.

Н. Н. Семенов и его школа в Советском Союзе (а вскоре затем Хиншельвуд в Англии, Тейлор и Райс в США) показали, что цепные реакции являются большим классом химических превращений, охватывающим большинство реакций окисления, хлорирования, бромирования, полимеризации и экзотермического разложения.

Многочисленный собранный в Институте химической физики экспериментальный материал позволил академику Н. Н. Семенову сформулировать в 1928 г. теорию цепных реакций, подробно изложенную в появившейся в 1934—1935 гг. на русском и английском языках его книге «Цепные реакции».

Н. Н. Семенов и его сотрудники вводят в науку ряд плодотворных понятий о разветвлении цепей, обрыве цепей на стенках сосуда и, одновременно с Хиншельвудом, об обрыве цепей в объеме при тройном соударении. Они дают многочисленные экспериментальные подтверждения основным положениям теории цепных реакций.

Теория цепных реакций предполагает наличие в ходе превращений весьма мало устойчивых, богатых энергией, промежуточных продуктов (атомов, радикалов, малоустойчивых перекисей и других лабильных соединений). Поэтому весьма существенной для обоснования правильности этой теории являлась возможность экспериментально доказать существование таких промежуточных соединений и их охарактеризовать. Эта задача потребовала усовершенствования методики и постановки соответствующего большого цикла работ. К этому циклу относятся, прежде всего, интересные работы члена-корреспондента В. Н. Кондратьева и его лаборатории , который (1937 г.), применив модифицированный метод спектров поглощения, исследовал возникновение промежуточных соединений в процессе горения водорода. Ему удалось при этом с несомненностью доказать образование в разряженных пламенах водорода свободного гидроксила в больших количествах (до 0,1% по отношению к исходному водороду). Количество образующего при этом гидроксила в тысячи раз превышает равновесное количество, отвечающее температуре опыта. Далее, Кондратьевым же была детально исследована реакция окисления сероуглерода и было показано, что при этом, в качестве промежуточных продуктов, образуются радикалы CS и SO. Ведущая роль SO как активного промежуточного продукта в реакции окисления сероводорода была доказана Н. М. Эмануэлем.

Особенно подробно в Институте изучалась кинетика реакций окисления водорода и различных углеводородов в связи с особым значением этих реакций в явлениях горения. В частности, параллельно с заграничными авторами, интенсивно изучались промежуточные продукты окисления углеводородов. Применяя прием замораживания реакции на той или иной ее стадии, проф. М. Б. Нейман различными методами, в частности, полярографическими, обнаружил и количественно определил среди промежуточных продуктов окисления углеводородов альдегиды, перекиси и ряд других веществ. Большое внимание было уделено проф. М. Б. Нейманом исследованию явления холодных пламен углеводородов.

Второй большой цикл работ по химической кинетике был связан с теорией горения, где, как показали работы Института химической физики, цепные реакции играют существенную роль. Теория горения к началу работ Института химической физики была еще сравнительно мало разработана, кроме теории установившей-

ся детонационной волны. Такое состояние теории этого явления находилось в прямой связи с слабым развитием химической кинетики. Академик Н. Н. Семенов и его школа ввели в теорию горения этот главный и недостававший ей элемент — химическую кинетику.

Результатом этого была разработка Н. Н. Семеновым и его учениками, особенно Я. Б. Зельдовичем, основ теории горения газовых систем. Результаты этих экспериментальных и теоретических исследований изложены в сводных статьях Н. Н. Семенова, напечатанных в 1940—1941 гг. В 1927 г. академик Н. Н. Семенов сформулировал количественную теорию теплового взрыва, т. е. теорию самовоспламенения, в которой это явление трактуется как нарушение теплового равновесия между тепловыделением в результате хода реакции и отводом тепла к стенкам сосуда.

Наряду с этим типом воспламенения тогда же Семеновым был указан и другой — цепной, являющийся результатом нарушения равновесия между разветвлением и обрывом цепей. Загулин и другие экспериментально показали, в каких случаях взрыв имеет ту или другую природу.

Несколько позднее, в 1931 г., была развита теория вырожденного взрыва и теория задержек во взрывах, охватывающая те случаи, когда медленное развитие цепной лавины приводит к ускорению реакции до такого предела, когда возникает тепловое воспламенение. Это дало возможность объяснить явление периода индукции, продолжающегося иногда десятки минут, и в последнее время широко изученное как у нас, так и за границей.

Огромное значение явления индукции и роль промежуточных продуктов привели к развитию цикла работ проф. А. С. Соколика и его сотрудников по теории горения и детонации в двигателях, давших ряд существенных практических следствий.

В 1934 г. появилась работа Дж. Льюиса в Америке, в которой впервые давалась, хотя и неполная, теория медленного распространения пламени. В этой работе были, однако, неясности и неправильности. Профессора Я. Б. Зельдович и Д. А. Франк-Каменецкий занялись этим вопросом и построили в 1938 г. более строгую и ясную теорию этого явления. Правильность этой теории была затем экспериментально показана А. Ф. Беляевым на примере горения жидкого нитрогликоля, Н. Н. Семеновым и Я. Б. Зельдовичем на примере горения окиси углерода и, нако-

нец, В. И. Кокачашвили и Я. Б. Зельдовичем на смеси водорода с бромом.

На подобие того, как в области теплового самовоспламенения теория позволила предвычислить температуры самовоспламенения, исходя из данных по химической кинетике медленного горения, так и в этом случае, исходя из тех же данных, удалось выяснить абсолютные значения скорости распространения пламени и зависимость ее от температуры.

Далее, Я. Б. Зельдович разработал теоретические основы таких важных для техники явлений, как пределы воспламенения и пределы детонации, и завершил построение теории детонационной волны.

Наряду с исследованием горения газовых систем в Институте химической физики другой группой сотрудников Н. Н. Семенова, под руководством проф. Ю. Б. Харитона, проводился большой цикл работ по изучению горения и детонации взрывчатых веществ. И в этой области был наблюден ряд новых явлений, была внесена теоретическая ясность в некоторые обычные явления, но все же область горения и взрыва взрывчатых веществ теоретически гораздо менее разработана, чем область горения и взрыва газовых систем; в этом отношении предстоит еще большая и сложная работа. Тем не менее, до сих пор полученные результаты представляются весьма важными и имеют существенное значение для практики.

Развивая работы Райса, академик Н. Н. Семенов в 1944 г. распространил теорию цепных реакций применительно ко многим реакциям органической химии.

Работы академика Н. Н. Семенова и его школы в области химической кинетики и явлений горения и взрыва внесли физический смысл и дали метод трактовки процессов; они являются ведущими по этим разделам в Советском Союзе. Конечно, и в области теории горения, и в области цепных реакций остается еще много нерешенных вопросов и широкое поле для исследовательской работы, особенно если учесть, что каждая конкретная реакция требует индивидуального изучения, так как специфика химических процессов различна. Однако уже сейчас, на данном уровне знаний, на основе изучения элементарных процессов, с помощью которых реакции проходят, мы имеем возможность теоретически предвычислять особенности суммарных химических процессов.

Заканчивая на этом изложение работ академика Н. Н. Семенова и его школы, переходим к другому значительному направлению работ Института химической физики, которое связано с именем члена-корреспондента АН СССР С. З. Рогинского и его школой и касается явлений катализа. Работы эти развивались в Институте вплоть до 1942 г., когда С. З. Рогинский перешел вместе с лабораторией в Коллоидо-электрохимический институт, и продолжаются в настоящее время в последнем.

Большой цикл работ по катализу охватывает теорию и способы приготовления катализаторов, а также механизм и кинетику каталитических реакций. В отношении теории и способов приготовления катализаторов С. З. Рогинским была выдвинута теория пересыщения, согласно которой для получения активных катализаторов существенную роль играет отдаление от равновесия в реакции приготовления катализатора (пересыщение генетической реакции). Им и его сотрудниками было открыто явление газового промотирования и показана действенная роль газовых промоторов, промотирующих при малых концентрациях и отравляющих при больших. Количественное изучение этого явления привело Рогинского и сотрудников (К. С. Аблезова, Мочан) к заключению, что основную роль в создании активной поверхности металлов и некоторых других катализаторов играют химические неоднородности. Из работ по механизму и кинетике каталитических реакций отметим работы Рогинского и сотрудников (С. Ю. Елович, Я. Б. Зельдович и др.) по механизму окислительных низкотемпературных каталитических реакций (окисление окиси углерода, водорода, окиси азота), равно как и работы по роли адсорбированных атомов и радикалов в гетерогенном катализе. В ходе этих работ Рогинским и Зельдовичем была высказана концепция предсорбционного катализа. Далее, Рогинским и его сотрудниками была доказана возможность каталитического ускорения распада твердых кислородных соединений, показана возможность расположения катализаторов в ряд по активностям и установления параллелизма в появлении каталитических и определенных физических свойств, как например, окраски и металлической проводимости, предложены новые кинетические уравнения для активированной сорбции и катализа и доказана их применимость к широкому кругу явлений (случай неоднородных поверхностей). Из других работ Рогинского и его школы укажем на его работы по теории взрывчатых веществ, приведшие к открытию ряда новых явлений; вырожденный взрыв,

существование индукционного периода и экспоненциальной зависимости его от температуры, возможность взрыва вторичных взрывчатых веществ при прямом нагревании в вакууме и равенство единице электронного выхода при разложении взрывчатого вещества электронным ударом в вакууме. Далее, назовем работы по реакциям свободных атомов и радикалов и химическим реакциям в электрическом разряде (А. Б. Шехтер), по механизму образования коллоидных растворов методом молекулярных пучков, по кинетике химических реакций в твердой фазе (О. М. Тодес) и, наконец, совместные с Н. Е. Брежневой работы по применению методики «меченных атомов» к изучению механизма и кинетики химических реакций, в первую очередь, каталитических. В этом последнем направлении С. З. Рогинский явился у нас пионером и, разработав методы концентрации радиогалогенов, применил их для определения скорости изотопного обмена и изучения обмена атомов при каталитической изомеризации и каталитическом бромировании. В последнее время С. З. Рогинский исследовал влияние связи между типами распределения участков катализатора по энергии активации и отравляемостью.

С физико-химиками идейно связаны крупные ученые, работающие в смежной области науки — физике,— академики А. Ф. Иоффе и П. Л. Капица, члены-корреспонденты АН СССР Я. И. Френкель, Б. М. Вул, А. П. Александров, П. П. Кобеко и другие ученики А. Ф. Иоффе. А. Ф. Иоффе известен своими трудами по теории диэлектриков и проводников и по теории прочности твердых тел; он является главой крупнейшей советской школы физиков. П. Л. Капица особенно известен своими работами по получению сильных магнитных полей и по изучению их воздействия на различные физические явления. В последние годы П. Л. Капица с особенным успехом работает в области низких температур, где им открыты замечательные явления, одинаково интересные как для физиков, так и для химиков, и из них наиболее интересное — сверхтекучесть гелия. П. Л. Капицей предложен новый способ получения из воздуха жидкого кислорода. В военные годы руководимый П. Л. Капицей Институт спроектировал мощные машины для изготовления жидкого кислорода, руководил их постройкой и пуском. Отличительной особенностью этих машин является применение турбодетандера, который позволяет вести работу с применением низких давлений.

Я. И. Френкель известен своими работами по теории адсорбции и конденсации, по электропроводности в твердых телах, по

теории жидкого состояния и высокополимерам. В области высокомолекулярных соединений следует также отметить работы физиков — членов-корреспондентов АН СССР А. П. Александрова и П. П. Кобеко. Член-корр. АН СССР Б. М. Вул посвятил ряд исследований вопросам связи химического состава веществ с их диэлектрическими свойствами.

Из физических работ, имеющих большое теоретическое и практическое значение и близко соприкасающихся с химией, следует отметить также труды академика С. И. Вавилова по источникам света и люминисценции.

Заканчивая эту главу, необходимо упомянуть также о выдающейся работе академика Л. И. Мандельштама и члена-корр. АН СССР Г. С. Ландсберга, открывших эффект комбинационного рассеяния, который сыграл огромную роль в изучении строения молекул и в анализе.

Более подробное изложение работ упомянутых физиков приведено в очерке по истории физических наук.

РАДИОХИМИЯ

Работы по радиохимии в Академии Наук проводились, преимущественно, в Радиевом институте АН, основанном академиком В. И. Вернадским. В отличие от других институтов Отделения химических наук Радиевый институт построен по комплексному принципу: его работы проводятся по четырем научным дисциплинам: химии, геохимии, физике и геологии. В настоящем обзоре освещаются лишь работы Института по химии, геохимии и ядерной химии. Химические работы, а также значительная часть геохимических и ядерно химических работ Радиевого института связаны, в основном, с научной деятельностью его руководителя академика В. Г. Хлопина и его школы.

Первый самый большой цикл работ по радиохимии, начатый под руководством академика В. Г. Хлопина с 1922 г., которым была воспитана основная школа химиков-радиологов Советского Союза, касался законов соосаждения радиоэлементов с кристаллическими осадками и применения естественных радиоэлементов в качестве индикаторов в широком смысле этого слова. Вопросы соосаждения радиоэлементов с образующимися осадками как кристаллическими, так и аморфными, в значительной степени определяющие химическое поведение радио-

элементов в растворе, привлекали к себе внимание химиков-радиологов в период с 1909 по 1914 г., когда закладывались основы радиохимии. В то время Ф. Панетом и К. Фаянсом был сформулирован основной качественный закон соосаждения, гласивший, «что радиоэлемент при образовании осадка, в том случае переходит в него, если он с анионом осадка дает трудно растворимое в данном растворителе соединение». Академик В. Г. Хлопин, основываясь на своих наблюдениях за технологическим процессом дробной кристаллизации, для отделения радия от бария внес качественную поправку в сформулированное выше Фаянсом-Панетом правило, указав на особую роль изоморфизма при переходе в твердую фазу радия, в случае ее кристаллического характера. Перейдя затем к количественному изучению процесса распределения радия между твердой кристаллической фазой и раствором, он высказал предположение, что распределение в случае наличия изоморфизма протекает по закону распределения вещества между двумя не смешивающимися растворителями (1924). В последующем В. Г. Хлопиным и его учениками (Б. А. Никитиным, А. Е. Полесицким, А. П. Ратнером, П. И. Толмачевым, М. С. Меркуловой и др.) было изучено большое количество систем с радием, радием D (свинец), ураном X (торий), радием E (висмут) и барием в качестве распределяющегося микрокомпонента, а также с солями бария, свинца, урана и церия в качестве макрокомпонентов, образующих твердую фазу, с применением при этом точных методов эксперимента и анализа. Ими было показано, что при установлении равновесия между кристаллами и раствором распределение микрокомпонента между твердой кристаллической и жидкой фазой происходит строго по закону распределения вещества между двумя растворителями Бертело — Нернста и притом во всех без исключения пока исследованных случаях в простой его форме. Ими было показано, что применимость закона Бертело — Нернста может служить доказательством, что микрокомпонент изоморфно замещает макрокомпонент в кристаллической решетке. Наконец, была показана принципиальная разница в механизме роста кристаллов из насыщенных и сильно пересыщенных растворов, дано этому объяснение, а также указан механизм, который заменяет процесс диффузии при установлении истинного равновесия между смешанными кристаллами и раствором. Эти исследования привели к ряду весьма интересных как с практической, так и с теоретической точки зрения результатов

и обобщений, в частности, они показали возможность использования радиоэлементов как индикаторов для изучения механизма изоморфного замещения и установления новых химических равновесий как в твердой фазе, так и в растворе (новый метод физико-химического анализа). Вместе с тем эти исследования дали теорию процесса дробной кристаллизации и легли в основу ряда новых технологических приемов извлечения радия из руд и более тонкой регулировки самого процесса кристаллизации. Накопившийся обширный экспериментальный материал и те обобщения, которые были на основании его сделаны В. Г. Хлопиным, получили термодинамическое обоснование в работе А. П. Ратнера, который, исходя из учения о химическом потенциале и активностях, вывел математическое выражение, связывающее константу распределения с химическими свойствами чистых компонентов и составом раствора.

Второе направление исследований касалось применения радиоактивных элементов в качестве индикаторов для выяснения способов изоморфного замещения (1929). Это направление явилось совершенно новым в экспериментальном изучении изоморфизма, который обычно рассматривался и изучался в статическом, так сказать, равновесном состоянии. Исходя из такового рассмотрения этого явления, Гольдшмидт, Гримм и др. дали классификацию изоморфных тел, согласно которой к случаям инстинного изоморфизма второго и третьего рода были отнесены такие соединения, как например: $BaSO_4$ — $KMnO_4$, $CePO_4$ — $ThSiO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$ — — $CePO_4$ и, наконец, CaF_2 — YF_3. Применение радиоактивных индикаторов к изучению явлений изоморфизма сразу же показало, что все указанные выше случаи изоморфизма по способу изоморфного замещения принципиально отличаются от истинно изоморфных в духе Митчерлиха веществ тем, что при образовании ими изоморфных смесей замещение происходит не ион за ион, или атом за атом, или молекула за молекулу, а участками кристаллической решетки каждого из компонентов различной степени сложности, от размеров элементарной ячейки до сравнительно больших. Отсюда проистекает ряд особенных свойств, которые отличают изоморфные системы этого рода от истинно изоморфных в духе Митчерлиха. Одно наиболее характерное свойство сразу же было обнаружено В. Г. Хлопиным и Б. А. Никитиным, начавшими этого рода исследования, это — наличие нижней границы смешиваемости. Работы в этом направлении продолжаются и при-

вели уже к ряду весьма интересных и неожиданных результатов, заставляющих пересматривать ныне принятую классификацию изоморфных соединений.

Опираясь на указанные выше исследования, В. Г. Хлопиным был предложен метод изоморфного соосаждения из раствора для фиксации малостойких соединений и определения их состава. Этот метод был применен к изучению соединений полония и позволил впервые получить и описать соединения двухвалентного и шестивалентного полония (В. Г. Хлопин, А. Г. Самарцева). В дальнейшем Б. А. Никитин применил метод изоморфного соосаждения для фиксации и изучения неустойчивых соединений, образующихся и кристаллизующихся из газовой фазы, предварительно доказав, что и в этом случае применим закон распределения. Таким образом, ему впервые удалось доказать образование, дать формулу и определить приблизительную упругость диссоциации кристаллогидрата радона, а затем, применяя тот же прием и пользуясь им же сформулированным правилом аналогии, Б. А. Никитину удалось доказать образование, определить состав и некоторые свойства для ряда других молекулярных соединений радона и других тяжелых благородных газов с органическими соединениями (фенол, толуол и др.). Некоторые из этих соединений, например ксенона с фенолом, были получены затем в весомых количествах и был подтвержден их состав и определены свойства. Этими работами было положено начало химии молекулярных соединений благородных газов и даны пути определения характера связи в соединениях типа молекулярных.

Несколько особняком стоит группа работ, ставившая своей целью выяснить вопрос о существовании коллоидных растворов радиоэлементов и вообще возможность образования коллоидных растворов при столь больших разведениях. Для решения этого вопроса был избран косвенный путь, а именно было показано, что максимум проявления коллоидных свойств у растворов радиоэлементов, в частности полония, соответствует минимуму адсорбции этих радиоэлементов на готовых коллоидных частицах обоего знака. Отсюда было сделано заключение о том, что радиоэлементы способны давать настоящие коллоидные растворы (И. Е. Старик). В дальнейшем это заключение было подтверждено различными другими методами и в настоящее время общепринято.

Большой цикл работ был связан с геохимией радиоактивных

элементов и посвящен вопросам их миграции в земной коре. Этот цикл работ начался работой В. Г. Хлопина (1926), в которой было указано на необходимость изучения миграции относительно коротко живущих радиоэлементов, так как знание путей этой миграции позволит использовать их как индикаторы для определения последовательности отдельных геологических и геохимических процессов и определения возраста сравнительно молодых геологических образований. В дальнейшем детальному изучению подверглась миграция радия и его изотопов, радона, торона, радиотория, урана и конечных продуктов распада — гелия и свинца.

Это изучение привело к открытию неизвестного ранее геохимического явления — новой формы концентрации радия и его изотопов в природе — радийсодержащих пластовых вод определенного типа, связанных с нефтяными месторождениями (академики В. И. Вернадский, В. Г. Хлопин и их ученики и сотрудники Б. А. Никитин, Л. В. Комлев, И. Е. Старик, В. И. Баранов, А. А. Черепенников и др.).

Механизм перехода радия и урана из минералов и пород в воду был экспериментально изучен И. Е. Стариком и его учениками и было показано, что он принципиально отличен в этих двух случаях. Радий и его изотопы, как и все рассеянные элементы, не входящие в решетку минерала, переходят в воду в силу явления выщелачивания, в основе которого лежит подвижное равновесие Ra(ThX) в породе $\rightleftarrows$ Ra(ThX) в капиллярной воде $\rightleftarrows$ (ThX) в капельножидкой воде, и которое не сопровождается нарушением целостности кристаллической решетки, а уран (как и всякий элемент, входящий в решетку минерала) переходит в воду в силу явления растворения, сопровождающегося разрушением кристаллической решетки минерала (И. Е. Старик).

Интересные результаты дало изучение миграции конечных продуктов радиоактивного распада — изотопов свинца и гелия. Для первых за границей были обнаружены самостоятельные минеральные образования, процесс, на необходимость существования которого впервые было указано В. Г. Хлопиным в 1926 г.

Изучение миграции гелия развивалось в двух направлениях. С одной стороны, было подвергнуто изучению распространение гелия и аргона в природных газах Союза, а с другой — изучалось содержание гелия в различных минералах и породах и механизм и условия выделения его из этих последних, а также влияние различных факторов на этот процесс.

Эти исследования легли в основу составления карты распространения гелия на территории Союза. Изучение механизма выделения гелия из минералов позволило выяснить, что заключенный внутри минералов гелий находится в различных состояниях и удерживается с различной прочностью, которая характерна для каждого состояния и может быть выражена количественно через энергию, которую нужно сообщить атому гелия и атомам или ионам, сидящим в узлах кристаллической решетки минерала и окружающим этот атом гелия для того, чтобы атом гелия получил возможность передвинуться из одной кристаллической ячейки в другую. Эта энергия активации, рассчитанная на грамм-атом гелия, поддается экспериментальному определению и может быть выражена в калориях, причем варьирует для различных минералов от нескольких тысяч до многих десятков тысяч малых калорий (Э. Г. Герлинг).

На основе указанных выше работ по миграции радиоэлементов И. Е. Старик и Э. Г. Герлинг предложили критерии для отбора проб минералов и пород, пригодных для определения их возраста по свинцовому и гелиевому методу, которые позволили впервые научно обоснованно поставить этот отбор. Далее на основе тех же работ были предложены методы определения возраста молодых образований (В. Н. Савченко, Л. М. Курбатов), было дано объяснение образования богатых радоном природных вод и указаны новые районы их распространения (И. Е. Старик, В. В. Чердынцев, Е. С. Щепотьева и др.). Изучение миграции радиоэлементов и благородных газов поставило на очередь развитие аналитических работ по методике анализа на гелий, неон, аргон, радий, уран, торий, радон, торон, свинец и другие элементы. Так возникли сначала простые и быстрые, хотя и достаточно точные методы определения гелия в природных газах (прибор Хлопина — Лукашука), затем суммы тяжелых и легких благородных газов (прибор Хлопина — Герлинга), позволившие включить анализ на гелий и аргон в общий ход технического газового анализа. Затем создаются высокочувствительные методы определения малых количеств гелия в минералах и горных породах (Герлинг), неона в газовых смесях (Герлинг и Ермолин), вырабатываются чувствительные и точные методы определения радия, радиотория, урана и свинца в породах и водах (И. Е. Старик и его ученики) и т. д.

Особое направление работ В. Г. Хлопина, А. Е. Полесицкого, члена-корреспондента А. А. Гринберга и др. образуют работы по

ядерной химии и применению искусственных радиоэлементов в качестве индикаторов для изучения изотопного обмена как между фазами, так и внутри молекулы. Из этих работ укажем вкратце на цикл работ по выяснению химической природы продуктов деления ядер урана и тория под действием нейтронов (В. Г. Хлопин, М. А. Пасвик, А. Е. Полесицкий), в результате которых была установлена новая схема деления ядра урана (В. Г. Хлопин, М. А. Пасвик, Н. Ф. Волков). Далее работы по определению скорости старения осадков по изотопному обмену, по определению прочности сольватов и равноценности связей у многовалентных атомов (А. Е. Полесицкий), и, наконец, по кинетике изотопного обмена внутрисферных галоидов с ионами галоидов в растворе у различного типа комплексных соединений и изучению таким путем различного рода возникающих внутримолекулярных и ионно-молекулярных равновесий (А. А. Гринберг и Ф. М. Филинов).

В заключение упомянем, что параллельно с развитием работ по радиогеологии и особенно ядерной химии в Институте создавались понемногу весьма сложные и технически совершенные установки, из которых остановимся на двух: на построенном под руководством проф. Л. В. Мысовского, академика И. В. Курчатова и др. циклотроне (синхронном ускорителе ионов в магнитном поле), давшем возможность поставить работы по ядерной химии и начать широко применять искусственные радиоэлементы в качестве индикаторов при химических и биологических исследованиях (пущен в эксплоатацию в 1939 г.) и единственной в Союзе установке для определения атомных весов по Ричардсу — Генигшмидту.

Необычайное повышение чувствительности усилительной схемы и применение оригинальной многослойной ионизационной камеры в сочетании со счетчиком Винн — Вильямса привело в Радиевом институте в 1940 г. к открытию К. А. Петржаком и Г. Н. Флеровым (Физико-технический институт) нового типа радиоактивности — спонтанного деления урана, при котором ядра урана самопроизвольно распадаются на ядра атомов химических элементов, расположенных ближе к середине периодической таблицы элементов, обладающих огромными энергиями, на порядок большими, чем энергии альфа-частиц.

Наряду с теоретическим значением работы академика В. Г. Хлопина и его школы привели к созданию самостоятельной радиевой промышленности и нахождению нового природного

сырья для нее. Тесная связь Радиевого института с радиевой промышленностью сохраняется и по настоящее время, обеспечивая высокий технологический уровень производства и контроля за ним в нашей радиевой промышленности на высоком уровне.

Одновременно Радиевый институт поддерживает тесную связь с геологической службой, оказывает научно-техническую помощь здравоохранению и активно участвует в развитии новых областей применения радиоэлементов (производство светсоставов, применение радиоактивных индикаторов и т. д.).

В 1943 г. за работу «Радиоторий, его получение и использование для оборонных целей» академик В. Г. Хлопин, член-корреспондент АН СССР Б. А. Никитин и А. Е. Полесицкий были удостоены Сталинской премии.

Кроме Радиевого института исследования по радиоактивности вод, почв и организмов проводились в Лаборатории геохимических проблем им. В. И. Вернадского (см. ниже).

ГЕОХИМИЯ

Работы по геохимии и биогеохимии проводились в Отделении химических наук в Лаборатории геохимических проблем им. В. И. Вернадского, являющейся самым молодым из академических учреждений, как по времени своего образования, так и по той научной дисциплине, которую она представляет. Начало работ по биогеохимии было положено исследованиями академика В. И. Вернадского и его учеников в 1919—1920-х гг., а в окончательном виде задачи биогеохимии, как большого самостоятельного раздела геохимии, были сформулированы им в первом издании его книги «La Geochimie» в 1924 г. В основном, работы по геохимии велись и ведутся в Институтах Отделения геолого-географических наук АН СССР; в некоторой степени в Институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова — по геохимии солей, металлов группы платины и др. (см. стр. 49). Работы по геохимии отражены также в очерке по истории геолого-географических наук.

Под биогеохимией академик В. И. Вернадский понимал тот раздел геохимии, который изучает историю химических элементов, законы их перемещения, накопления и рассеяния в наружной поверхностной оболочке земли толщиной примерно в 10 километров. Эта наружная оболочка, или биосфера, характеризуется тем, что

все химические элементы, в ней находящиеся, в той или иной стадии своей истории проходят через живое вещество, а следовательно, проявления жизни в этой оболочке накладывают свой отпечаток на все химические процессы, в ней протекающие. Для типичных элементов этой оболочки характерны замкнутые циклы, наподобие циклов для углерода и кислорода. Во многих процессах образования и разрушения горных пород, накопления тех или иных элементов, вплоть до образования рудных скоплений, доминирующую роль в биосфере играют процессы жизни. Единственным научным учреждением в Советском Союзе, занимающимся изучением законов рассеяния, миграции и накопления химических элементов в биосфере, является, созданная в 1929 г. по мысли академика В. И. Вернадского и руководимая в настоящее время его учеником членом-корреспондентом АН СССР А. П. Виноградовым, Лаборатория геохимических проблем им. В. И. Вернадского. С момента образования перед Лабораторией встали трудные методические задачи: нужно было разработать методику взятия проб, выработать заново, уточнить, видоизменить и усовершенствовать имеющиеся методы анализа применительно к специальным задачам геохимии, заинтересовать, обучить и воспитать кадры научных работников. К началу работ Лаборатории систематических исследований по биогеохимии нигде не велось, а имелся хотя и довольно обширный, но разрозненный и нуждавшийся в систематизации и проверке материал. Первая и основная задача, которая была поставлена перед Лабораторией и ее основателем академиком В. И. Вернадским, заключалась в определении среднего химического состава организмов, как первой ступени к выяснению вопроса о том, нельзя ли различные виды организмов характеризовать по их химическому составу. В настоящее время в результате большой методической работы, проделанной коллективом Лаборатории под руководством А. П. Виноградова, средний химический состав многих наиболее распространенных организмов и почв можно считать установленным, и идея академика В. И. Вернадского о возможности характеризовать различные виды организмов по их химическому составу находит себе все больше оснований.

Основной цикл работ лаборатории за истекший период был направлен на изучение законов рассеяния по преимуществу редких элементов в биосфере и их биогенной миграции (Ni, Co, V, Ti, Cr, Zn, Ga, Ge, Se, Zr, Mo, Cd, Ba, Sr, Pb, Li, B, F, Mn, Cu, As, Br, I, Rb, Cs, U и др. радиоактивные элементы).

В результате изучения распределения в водах, почвах и организмах селена, молибдена, бора, стронция, фтора, меди, иода и некоторых других элементов А. П. Виноградов устанавливает существование так называемых биогеохимических провинций, т. е. областей с недостаточностью и избыточностью того или иного химического элемента, вызывающими изменение состава флоры и фауны и появление специфических болезней.

Наряду с этим фундаментальным выводом, был получен ряд более частных, но весьма интересных результатов. Так было показано участие диатомового и других морских планктонов в формировании иод-бромных пластовых вод.

Обнаружены ванадиевые провинции в области нефтеносности, например в районе Второго Баку. Прослежены биогенная миграция ванадия и роль его в изменениях битумов. Широко обследованы на содержание ванадия угли Советского Союза, причем особенно богаты им оказались уральские. Одновременное изучение распространения ванадия в почвах и наземной растительности позволило подойти к генезису ванадия в битумах и углях (А. П. Виноградов).

Был предложен и систематически разрабатывался метод корреляции геологических пластов по характеру распределения в них некоторых пар химических элементов.

В результате этих исследований и систематического изучения материала по химическому составу морских организмов А. П. Виноградовым составлена обширная монография «Химический элементарный состав организмов моря» и закончена на основе экспериментальных данных по составу почв Советского Союза и других стран монография «Геохимия редких элементов почвенного покрова», охватывающая закономерности в распределении более 30 редких химических элементов.

Те же работы позволили составить монографические очерки по геохимии ванадия и битумов (А. П. Виноградов), геохимии рассеянного брома (Л. С. Селиванова), по рубидию (Т. Ф. Боровик-Романова), по германию в углях (В. М. Ратынский), по галлию и индию в породах (С. А. Боровик), по никелю и кобальту (Д. П. Малюга) и др.

Ряд работ лаборатории был посвящен изучению распространения редких элементов в пресных и морских водах, при этом впервые были получены точные данные о содержании, например, в морской воде никеля, кобальта, ванадия, стронция, бария, радия и др.

Большой самостоятельный раздел работ составляют работы по исследованию радиоактивности вод, почв и организмов, проводимые под руководством проф. В. И. Баранова, приведшие к установлению избирательной концентрации радиоактивных элементов растениями из водных растворов и почв. При этом впервые было дано содержание радия, тория, мезотория и актиния в различных организмах моря и суши.

Изложенная выше лишь в главных чертах большая работа по изучению законов распределения микроэлементов в биосфере потребовала, как это уже указывалось, создания и разработки чувствительной методики определения этих элементов, причем для аналитических целей используется в настоящее время весь современный арсенал физико-химических методов. Так, за это время разработаны микрохимические методы определения малых количеств ванадия, титана, селена, мышьяка, молибдена, свинца, брома, фтора, бора, меди в водах, почвах, породах, организмах и в воздухе. Далее С. А. Боровиком и под его руководством созданы высокочувствительные количественные методы спектрального анализа рубидия, цезия, лития, германия, галлия, бария, стронция, индия, ванадия, циркония и др. Для тяжелых металлов (Ni, Co, Cd, Pb, Cu, Mn и др.) был применен метод полярографического анализа (С. И. Синякова и др.).

Наконец, для целей анализа на редкие земли и элементы группы железа был привлечен рентгено-спектральный метод (Э. Е. Вайнштейн). Для определения молекулярного состава и строения вещества наряду с рентгеновским налажен и электронографический анализ (З. Г. Пинскер), а для определения изотопного состава сооружается масс-спектрограф. Таким образом, лаборатория становится понемногу исследовательской организацией по аналитической химии редких элементов.

Несколько особняком от основного направления работ лаборатории стоят работы по разложению каолина, ортоклаза и некоторых других минералов микроорганизмами, наглядно показавшие роль микроорганизмов в разрушении пород.

С 1935—36 г. в лаборатории были поставлены работы по геохимии изотопов водорода и кислорода. Из наиболее интересных результатов работ в этом направлении укажем на установление высокого содержания дейтерия в кристаллизационных водах хлоритов (академик В. И. Вернадский и др.) и на обнаружение различия в изотопическом составе кислорода фотосинтеза по сравне-

нию с кислородом другого происхождения (А. П. Виноградов и Р. В. Тейс). Это последнее исследование дает возможность подойти к решению вопроса об образовании атмосферы.

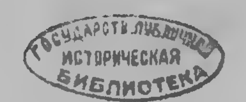
В связи с тематикой Лаборатории геохимических проблем им. В. И. Вернадского, за последние несколько лет проводились физиологические и агрохимические исследования влияния радиоактивных и редких элементов на рост растений (академик Д. Н. Прянишников с сотрудниками). Как и другие химические институты АН, Лаборатория геохимических проблем им. В. И. Вернадского ведет ряд своих работ в кооперации с другими институтами и лабораториями Академии Наук и наркоматов (Геологический институт, Радиевый институт, Институт общей и неорганической химии, Гидрохимический институт и др.).

С 1939 г. в состав Академии Наук СССР перешел Гидрохимический институт, находящийся в Новочеркасске, руководимый старейшим специалистом по гидрохимии профессором П. А. Кашинским. Гидрохимический институт проводил исследования состава минеральных вод, грязей, речных и озерных вод и разработал ряд методов их анализа.

Мы подходим к концу нашего очерка. Мы видели, как в жизни Академии наряду с успехами имели место и тяжелые времена застоя. Перед нами прошли гениальные прозрения Ломоносова, открытия Зинина, муки и радость рождения русской химии, торжество бутлеровской структурной теории органических соединений, мировое признание научных достижений Курнакова и ряда других русских школ. И далее — могучий разворот работ в Академии, вызванный Великой Октябрьской Революцией, превращение Химической лаборатории Академии в целую группу институтов. Мы являемся свидетелями развития неорганической химии в школах Курнакова и Чугаева, органической химии, особенно области катализа и высоконепредельных соединений, такими учеными, как Зелинский, Фаворский и их ученики, возникновение и развитие новых школ физической химии и химической физики, радиологии, биохимии и биогеохимии. Химия в Академии Наук все больше связывается с жизнью, получает живительные импульсы от химической промышленности, созданной у нас после Октября, и от сельского хозяйства, полностью реконструированного на новых основах; химия в свою очередь творчески влияет на них, активно участвуя в построении передовой советской культуры.

Академия по мере своих сил помогала Красной Армии в ее героической борьбе против фашистской Германии.

Свое 220-летие Академия Наук СССР встречает после победоносного завершения войны. Наступило время, когда наша Родина и все прогрессивное человечество возвращаются к мирному созидательному труду. Можно не сомневаться, что советская химия и один из ее передовых отрядов — химики учреждений Академии Наук СССР — поднимут еще выше творческий уровень своей работы, содействуя тем самым новому мощному подъему нашего народного хозяйства, науки и культуры.



ЛИТЕРАТУРА

1. Академия Наук. Материалы для истории академических учреждений за 1889—1914 гг., ч. 1. Пг., 1917.
2. Академия Наук СССР. Очерки по истории знаний. V. А. М. Бутлеров (статьи В. Е. Тищенко, Д. П. Коновалова, А. Е. Фаворского, А. И. Горбова). АН СССР, Л., 1928.
3. Академия Наук СССР за десять лет 1917—1927. АН СССР. Л., 1927.
4. А. А. Альбицкий. Кафедра химии и химическая лаборатория Казанского университета в их прошлом и настоящем. Ломоносовский сборник. М., 1901.
5. А. Е. Арбузов. Жизнь и научная деятельность Н. Н. Зинина. Усп. хим., 12, 81, 1943.
6. Сборник избранных трудов академика А. Н. Баха. ОНТИ. Химтеорет. Л. 1937.
7. Н. Н. Бекетов. История химической лаборатории при Академии Наук. Ломоносовский сборник, М., 1901.
8. М. А. Блох. Биографический справочник химиков, т. 1, Л., 1929, т. II, Л., 1931.
9. В. И. Вернадский. Очерки и речи, ч. 1, Пг., 1922.
10. Академику Вернадскому к пятидесятилетию научной и педагогической деятельности. Тт. 1 и 2, АН СССР, М. 1936.
11. Сборник избранных трудов академика Н. Я. Демьянова. К 50-летию его научной деятельности. АН СССР. М.—Л. 1936.
12. Н. Д. Зелинский. Избранные труды. Тт. 1, 2. АН СССР. 1941.
13. М. А. Ильинский. Жизнь, труды и изобретения. АН СССР, М.—Л. 1938.
14. Н. М. Кижнер. Исследования в области органической химии. АН СССР, М.—Л. 1937.
15. Г. А. Князев. Д. И. Менделеев и царская Академия Наук. Архив истории науки и техники, 6, 299, 1935.
16. Б. Г. Кузнецов. Очерки истории русской науки. АН СССР, М.—Л., 1940.

17. Н. С. Курнаков. Собрание избранных работ. Тт. 1 и 2. Л. ОНТИ. Химтеорет. 1938, 1939.
18. Н. С. Курнаков. Введение в физико-химический анализ. Изд. 4. АН СССР. М.— Л. 1940.
19. С. В. Лебедев. Жизнь и труды. Химтеорет. Л. 1938.
20. В. В. Марковников. Исторический очерк химии в Московском университете. Ломоносовский сборник, М., 1901.
21. Д. И. Менделеев. Воскресенский А. А. Энц. слов. Брокгауза и Ефрона, 7, СПб., 1892.
22. Б. Н. Меншуткин. Жизнеописание М. В. Ломоносова. АН СССР, Л.— М., 1937.
23. Б. Н. Меншуткин. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии. АН СССР, М.— Л., 1936.
24. П. Пекарский. История Императорской Академии Наук в Петербурге, тт. I и II. АН СПб., 1870—1873.
25. С. А. По один. Н. С. Курнаков (1860—1941). Сов. наука, № 4, 43, 1941.
26. С. А. Погодин. Физико-химический анализ (Н. С. Курнаков и его школа). «Советская химия за 25 лет». Сборник статей. АН СССР. М.— Л., 1944.
27. Протоколы заседаний конференции Академии Наук с 1725 по 1863 г., тт. I—IV СПб. 1897—1911.
28. Д. Н. Прянишников. Статьи и научные работы. Тт. I и 2. Изд. Раб. Просвещения. 1927, 1928.
29. Пятнадцать лет советской химии. Госхимтехиздат. Л., 1932.
30. Советская химия за 25 лет. Сборник статей. АН СССР, М.— Л. 1944.
31. Список действительных членов Академии Наук СССР 1725—1925 г. АН СССР, Л., 1925.
32. Н. И. Степанов. Очерк истории и совремённого состояния химии в Горном институте. Изв. Сект. физ.-хим. анал., 3, 510, 1927.
33. Сборник избранных трудов проф. В. Е. Тищенко, посвященный 50-летию его научной деятельности Химтеорет., Л., 1934.
34. Г. Г. Уразов. Академик Н. С. Курнаков — основатель физико-химического анализа и глава научной школы. Изв. сект. физ.-хим. анализа, 14, 9, 1941.
35. Сборник избранных трудов академика А. Е. Фаворского. К 55-летию научной деятельности. АН СССР. М.— Л., 1940.
36. E. Hjelt. Friedrich Konrad Beilstein. Ber. 40, 5041, 1907.
37. В. Г. Хлопин. Химия в Академии Наук СССР за 25 лет. Изв. АН СССР. Отд. химич. наук. 6, 333, 1942.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

Аблезова К. С. 96
Агеев Н. В. 45
Акимов Г. В. 58, 83, 84
Александров А. П. 97, 98
Алексеев В. Ф. 27
Альбицкий А. А. 111
Альдер 76
Аносов В. Я. 42—44
Аносов П. П. 32
Антипин П. Ф. 58
Арбузов А. Е. 20, 24, 75, 111
Арбузов Б. А. 75
Аррениус С. А. 81, 91

Бадаева Т. А. 47
Байков А. А. 57
Баландин А. А. 38, 63, 66, 67
Балашова Н. А. 85
Баранов В. И. 102, 108
Бардин И. П. 57
Бах А. Н. 41, 79, 80, 92, 111
Бах Н. А. 85
Бейльштейн Ф. К. 28, 29, 31
Бекетов Н. Н. 19, 20, 29—31, 111
Бекетов В. Н. 31
Белопольский А. П. 60
Беляев А. Ф. 94
Берг Л. Г. 45, 48, 49
Бергман А. Г. 31, 45, 48 49
Бертолле 30, 35
Бертело 99
Берцелиус И. Я. 7, 17
Блох М. А. 111
Блюментрост Л. Л. 7
Бобров П. А. 77
Богданова О. К. 66, 67
Божовский М. Ф. 70
Бокий Г. Б. 45, 53
Борисов А. Е. 65
Борк А. Х. 66
Боровик С. А. 107, 108
Боровик-Романова Т. Ф. 107
Бородин А. П. 23
Бочвар А. А. 58
Брежнева Н. Е. 97
Брицке Э. В. 58, 59, 81
Бродский А. И. 60
Брунс Б. П. 85
Будников П. П. 58
Бурштейн Р. Х. 85
Бутлеров А. М. 22—24, 27, 28, 36, 68, 73, 111
Бюргер М. 7

Вааге 30
Вавилов С. И. 3, 98
Вагнер Е. Е. 24, 52
Вайнштен Э. Е. 108
Вальден П. П. 31
Ван-дер Ваальс 85
Вант-Гофф Я. Г. 81, 91
Васильев В. Г. 91
Велер Ф. 17
Венус-Данилова Э. Д. 72
Венстрем Е. К. 87
Верещагин Л. Ф. 63
Вернадский В. И. 35, 40, 56, 98, 102, 105, 106, 108, 109, 111
Вернер А. 51
Вильд 28
Вильямс Н. В. 74
Вильямс 104
Винклер 31
Винн 104
Виноградов А. П. 106, 107, 109
Виноградова А. Д. 50

Волгин В. П. 3
Волков Н. Ф. 104
Волькенштейн М. В. 91
Вольф Х. 8
Вольфкович С. И. 60, 81
Воскресенский А. А. 19, 20, 24, 112
Воскресенская Н. К. 45, 48
Вул Б. М. 97, 98
Вюрц 76

Гаврилов И. И. 63
Гадолин И. 28
Гамель И. Х. 16, 18
Гедройц К. К. 81
Гей-Люссак 10
Геллерт Х. Э. 7
Гельман А. Д. 52
Гельмерсен 28
Генигшмидт 104
Генкель И. 8
Генке Т. А. 44
Георги И. Г. 12
Герлинг Э. Г. 103
Гертнер И. 12
Герчук М. П. 79
Гесс Г. Г. 16—18, 31
Гиртаннер 14
Гладышевская К. А. 52
Гмелин И. Г. 7
Голланд И. И. 13
Голова О. П. 77
Гольдфарб Я. Л. 79
Гольдшмидт 30, 100
Гомберг 21
Горбов А. И. 111
Горбунова К. М. 84
Горбунов Н. С. 83, 84
Горбунов М. 8
Горемыкин В. И. 52, 53
Городецкая А. В. 84
Гребенщиков И. В. 58
Григорьев А. 43
Григорьев А. Т. 45, 47
Гримм 100
Гринберг А. А. 51, 52, 55, 103, 104
Гриньяр 24
Губкин С. И. 45
Губкин И. М. 64
Гудцов Н. Т. 57, 58
Гульдберг 30
Гусева Л. Н. 47
Густавсон Г. Г. 24
Гуи 85
Гьельт Э. 29, 112
Гюйо 85

Данилов С. Н. 72, 73
Данков П. Д. 82, 83
Дашкова Е. Р. 12, 13
Дебрэ 17
Де-Местр Ж. 15
Демьянов Н. Я. 24, 73, 74, 111
Дерягин Б. В. 86, 88, 89
Джилкрист Р. 55
Дильс 76
Длугач Л. С. 57
Домбровская Н. С. 48
Дружинин И. Г. 49
Дубинин М. М. 90
Думанский А. В. 89
Дунаев И. И. 15
Дэви 14
Дюма Ж. Б. А. 17
Дяткина М. Л. 91

Егоров В. С. 48
Елович С. Ю. 96
Ермолин Г. М. 103
Ефремов Н. Н. 32, 45, 49—51

Жемчужный С. Ф. 32, 34, 45, 46, 49, 50, 54
Жерар 21
Жигач К. Ф. 86

Загулин 94
Зайцев А. М. 23, 24
Залогин Н. Г. 67
Заморуев Г. М. 47
Заседателев М. Н. 45
Захаров Я. Д. 12—14, 16
Звягинцев О. Е. 54
Зелинский Н. Д. 40, 61—68, 70, 109, 111
Зельдович Я. Б. 94—96
Зинин Н. Н. 18—23, 27, 30, 109, 111

Иванов В. И. 77
Иергенсен С. 51
Изгарышев Н. А. 83, 84
Ильенков П. А. 21
Ильинский В. П. 50
Ильинский М. А. 78, 79, 111
Иофа З. А. 86
Иоффе А. Ф. 97

Кабанов Б. Н. 84, 86
Кабачник М. И. 65
Каблуков И. А. 24, 73, 91
Казаков А. В. 81
Казанский Б. А. 63, 65, 66
Казарновский И. А. 59
Каневская С. И. 78
Канонников И. И. 24
Капица П. Л. 97
Капустинский А. Ф. 59
Карнаухов М. М. 58
Карозерс 71
Карпов Б. Г. 54
Кацнельсон М. М. 79
Качалов Н. Н. 58
Кашинский П. А. 109
Кащенко Г. А. 57

Кижнер Н. М. 74, 75, 111
Кирхгоф К. Г. 16, 17
Кистяковский В. А. 81, 82
Кларк Г. Б. 83
Клаус К. К. 19, 20, 22
Клебанский А. Л. 70
Клочко М. А. 45
Князев Г. А. 3, 111
Кобеко П. П. 97, 98
Коган А. Г. 49
Кокачашвили В. И. 95
Кокшаров Н. И. 27
Колотыркин Я. М. 86
Комлев Л. В. 102
Кондратьев В. Н. 93
Коновалов Д. П. 26, 27, 57, 111
Коновалов М. И. 24
Коновалова Р. А. 77
Константинов Н. С. 32, 47
Копп Г. 42
Коренев Н. И. 46, 47
Корнилов И. И. 46, 47
Коршак В. В. 77
Кочешков К. А. 63, 64
Крапивин С. Г. 63
Красиков Е. С. 53
Кротов И. В. 83, 84
Кузнецов А. Н. 32
Кузнецов Б. Г. 111
Кузнецов В. Г. 45, 47
Кузнецов Д. И. 49
Курбатов Л. М. 103
Курнаков Н. С. 10, 27, 31—35, 39—51, 54, 55, 81, 109, 111, 112
Курнаков Н. Н. 46
Курчатов И. В. 104
Кусаков М. М. 88

Лавровский К. П. 64
Лавуазье А. Л. 9, 10, 13, 14, 16, 17, 25, 30
Лазарев В. П. 89
Лаксман Э. Г. 12
Ландсберг Г. С. 66, 98
Лаплас 17
Лебедев С. В. 69, 71, 72, 112
Лебединский В. В. 53—55
Левина С. Д. 86
Левина Р. Я. 63
Левич В. Г. 86
Ледебур 31
Леман И. Г. 12
Ленц 20
Лепешков И. Н. 49, 50
Ле-Шателье А. 57
Либих Ю. 10, 15, 17, 19, 20
Липин С. В. 43
Ловиц Т. Е. 13
Логгинов Г. И. 86
Лодочников В. Н. 42
Лозовой А. В. 64
Ломоносов М. В. 7—11, 25, 32, 36, 41, 109, 112
Лоран 21
Лужная Н. П. 48
Лукашук 103
Льюис Г. 94

Макаров Е. С. 45, 47
Макаров С. З. 49, 50
Макарова Л. Г. 64
Маке 13
Малюга Д. П. 107
Мандельштам Л. И. 98
Марковников В. В. 24, 36, 73, 74, 112
Матвеев В. К. 79
Медведев С. С. 76
Мейер Р. 9, 17
Менделеев Д. И. 19, 23—30, 34, 38, 73, 112
Меншуткин Б. Н. 11, 51, 112
Меншуткин Н. А. 19, 21, 22, 25
Меньшикова Г. П. 77
Меркулова М. С. 99
Митчерлих Э. 18, 100
Михалев П. Ф. 83
Михеева В. И. 45, 46
Михлин Д. М. 80
Молдавский Б. Л. 65
Морозов Н. А. 55, 56
Мочан 96
Муромцев Б. А. 44, 45
Мысовский Л. В. 104

Назаров И. Н. 70
Наметкин С. С. 63
Наумов С. Н. 63
Нейман М. Б. 93
Некрасов Б. В. 51
Немилов В. А. 46
Нернст В. 86, 99
Несмеянов А. Н. 63—65
Нессельштраус Г. З. 57
Нецкий 78
Никитин Б. А. 99—102, 105
Никитин Н. И. 76
Николаев А. В. 45, 49, 50
Николаев В. И. 44, 49, 50
Новикова Н. Н. 64
Ньюланд 71

Обручева А. Д. 85
Овсянников Ф. В. 27
Опарин А. И. 80
Орехов А. П. 72, 77, 78
Оствальд В. 17, 81

Павлов М. А. 57
Панет Ф. 99
Пасвик М. А. 104
Пейроне 51
Пекарский П. 112

Петрашевич В. К. 46
Петржак К. А. 104
Петров А. Д. 67, 68
Петров В. В. 14
Петров Д. А. 42, 47
Петрова Н. Н. 87
Пинскер З. Г. 108
Писаржевский Л. В. 91
Платэ А. Ф. 65
Погодин С. А. 5, 38, 45—47, 112
Подкопаев Н. И. 54
Полесицкий А. Е. 99, 103, 104, 105
Порай-Кошиц А. Е. 78
Преображенский Н. А. 79
Преображенский П. И. 49
Прилежаев Н. А. 76
Проскурнин М. А. 85
Проскурнина В. Ф. 77
Пруст 35
Прянишников Д. Н. 80, 81, 109, 112
Путохин Н. И. 74
Пшеницын Н. К. 53

Рабинович А. И. 89
Равикович Х. М. 83
Равич Г. Б. 45, 50
Равич М. И. 44, 50
Радищев В. П. 42, 54
Райс 92, 95
Раковский А. В. 91
Ратнер А. П. 100
Ратынский В. М. 107
Рафиков С. Р. 77
Ребиндер П. А. 86—88
Рейсс Ф. 15
Реформатский С. Н. 24
Рихтер 31
Ричардс 104
Рогинский С. З. 96—97
Роде Е. Я. 45, 48
Роде Т. В. 45
Родионов В. М. 78
Ронкин Б. Л. 49, 50
Рубинштейн Ал. М. 66, 67
Рубинштейн Абр. М. 53
Рудаков Г. А. 73
Рудницкий А. А. 46

Савич А. Н. 27, 28
Савченко В. Н. 103
Садиков В. С. 63
Сальдау П. Я. 47
Сальхов У. Х. 11
Самарцева А. Г. 101
Самойлов Я. В. 81
Самыгин М. М. 89
Саркисов Э. С. 83
Свешникова В. Н. 48
Севергин В. М. 14
Селиванова Л. С. 107
Семенов Н. Н. 91—96
Сент-Клер Девилль 17
Синякова С. И. 108
Славинский М. П. 57
Слободин Я. М. 69
Соколик А. С. 94
Соколов Н. Н. 19, 21
Соколов Н. П. 12, 13
Соловьев М. Ф. 29
Сомов О. И. 27
Старик И. Е. 101—104
Старк Б. В. 57
Степанов Н. И. 32, 43, 40, 54, 112
Страховский Е. 89
Сыркин Я. К. 90, 91

Талмуд Д. Л. 89, 90
Тананаев И. В. 48
Тарарин 34
Таубман А. Б. 87
Тейлор 92
Тейс Р. В. 109
Теренин А. Н. 90
Тимирязев К. А. 41, 80, 81
Тиффено 72
Тищенко В. Е. 24, 58, 73, 111, 112
Тодес О. М. 97
Толмачев П. И. 99
Толстой Д. А. 28
Томашев Н. Д. 83
Топчиев К. С. 79
Трапезников А. А. 87, 88
Турова-Поляк М. Б. 63

Уваров С. С. 19
Уразов Г. Г. 32, 41, 42, 45—49, 58, 112
Ушаков С. Н. 76
Ушаков М. И. 63

аворский А. Е. 20, 24, 36, 40, 61, 68, 69, 70—72, 109, 111, 112
Фаворская Т. А. 69
Фаминцын А. С. 29
Фарадей 14
Фаянс К. 99
Федотьев П. П. 58
Феофилактов В. В. 74
Ферсман А. Е. 56
Фигуровский Н. А. 88
Филинов Ф. М. 104
Флавицкий Ф. М. 24
Флеров Г. Н. 104
Фольмер 86
Франкенгейм М. Л. 42
Франк-Каменецкий Д. А. 94
Фрейдлин Л. Х. 67
Фрейдлина Р. Х. 64
Френкель Я. И. 97
Фрицман Э. Х. 55
Фрицше К. Ю. 16, 18, 20
Фрост А. В. 64, 67, 68
Фрумкин А. Н. 82, 84—86

Харитон Ю. Б. 95
Хиншельвуд 92
Хлопин В. Г. 38, 51, 98—105, 112

Чебышев П. Л. 27
Челинцев В. В. 63, 79
Челищева А. Г. 50
Чердынцев В. В. 103
Черепенников А. А. 102
Чернов Д. К. 32
Черняев И. И. 41, 51—55
Чижиков Д. М. 58
Чугаев Л. А. 40, 41, 51, 53—55, 63, 64, 109

Шамрай Ф. И. 47
Шардингер 80
Шерер А. И. 16
Шехтер А. Б. 97
Шилов Н. А. 63, 90
Шлыгин А. И. 85
Шойхет Д. Н. 45
Шорыгин П. П. 73, 76, 77
Шорыгин Петр П. 91
Шорыгина Н. Н. 47
Шостаковский М. Ф. 71
Шпичинецкий Е. С. 47

Шредер И. Ф. 27
Шрейнер Л. А. 86
Шренк 28
Шталь 13
Штерн 85
Шуйкин Н. И. 63, 67
Шумахер И. Д. 7, 8, 11
Шумова И. С. 47
Шушпанова Т. А. 47

Щеглова А. П. 67
Щепотьева Е. С. 103
Щукина М. А. 79

Эйдус Я. Т. 66, 67
Эйлер 9, 11
Эмануэль Н. М. 93
Энгельгардт А. Н. 21
Энглер К. 79, 92
Эркслебен 13
Эршлер Б. В. 85, 86

Юдин И. Д. 83, 84
Юрьев Ю. К. 63

Якоби М. Г. 16, 17, 20
Яковкин А. А. 55
Якшин М. М. 54

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие . . . 3

Академия Наук и пути развития химии в дореволюционной России *С. А. Погодин* . . . 5

Химия в Академии Наук до Ломоносова . . . 6

М. В. Ломоносов . . . 7

Ближайшие преемники Ломоносова . . . 11

Академики-химики первой половины XIX века . . . 14

Н. Н. Зинин . . . 18

А. М. Бутлеров . . . 22

Д. И. Менделеев . . . 24

Академики-химики конца XIX и начала XX века . . . 28

Н. С. Курнаков . . . 31

Химия в Академии Наук в период Первой мировой войны . . . 35

Общие итоги развития химии в дореволюционной России . . . 36

Химия в Академии Наук в советский период. *В. Г. Хлопин, А. А. Баландин, С. А. Погодин* . . . 38

Общая и неорганическая химия и физико-химический анализ . . . 41

Органическая химия . . . 60

Физическая химия . . . 81

Радиохимия . . . 98

Геохимия . . . 105

Литература . . . 111

Указатель имен . . . 113

А19808 РИСО 2320 Подписано к печати 1/VI 1945 Объем 7,5 печ. л.
7,5 уч.-изд. л. Тираж 3000 экз. Цена 6 руб. Зак. № 322

2-я типография издательства Академии Наук СССР, Москва, Шубинский, 10

56

ЦЕНА 6 руб.

